

TREBALL FI DE GRAU

**Grau en Enginyeria de l'Energia**

**EMISSIONS DE CO<sub>2</sub> ALS PAÏSOS DE LA CONCA  
MEDITERRÀNIA. ESCENARIS DE FUTUR “BUSINESS AS  
USUAL” I ESCENARIS ALTERNATIU.**



**Memòria i Annexos**

<b>Autor:</b>	Javier Serrano Vázquez
<b>Directora:</b>	Olga Alcaraz i Sendra
<b>Departament:</b>	FIS
<b>Co-Director:</b>	Josep Xercavins Valls
<b>Convocatòria:</b>	Maig 2018



## Resum

El present Treball Fi de Grau presenta un estudi de les emissions de diòxid de carboni (CO<sub>2</sub>), així com dels diferents factors conductors que les produeixen en base a l'anomenada Identitat de Kaya (intensitat de carboni, intensitat energètica, PIB per càpita i població), als països de la conca mediterrània, tant del sud d'Europa com del nord d'Àfrica i l'extrem occidental del continent asiàtic.

En primer lloc, s'estudia l'evolució històrica de les emissions, així com dels quatre factors esmentats, entre els anys 1990 i 2014. De forma genèrica, es pot afirmar que el PIB per càpita i la població són els principals responsables de l'augment d'emissions en aquest període, mentre que la intensitat energètica disminueix i la intensitat de carboni presenta una evolució constant.

En segon terme, es construeixen escenaris *Business As Usual* (BAU), els quals segueixen la tendència de l'històric, per als diferents factors fins el 2050 i a partir d'aquests es troba aquest mateix escenari per a les emissions.

En tercer lloc, es construeixen escenaris alternatius d'emissions variant algun dels factors conductors. En aquest treball no s'ha contemplat la variació de la intensitat de carboni ni de la població i s'ha treballat amb la intensitat energètica i el PIB per càpita.

Aquests tres passos s'apliquen també per als agregats de països (desenvolupats i en desenvolupament en funció de la seva pertinença a l'OCDE, i total) per tal d'observar el contrast entre tots ells en base al seu grau de desenvolupament.

Finalment, es comparen escenaris BAU i alternatius d'emissions amb l'escenari RCP2.6 (escenari del IPCC per al qual l'augment de la temperatura mitjana no supera els 2 °C respecte a la temperatura anterior a l'era industrial). La conclusió general que se n'extreu és que les emissions de l'escenari BAU són molt més elevades que les del RCP2.6, i que, tot i que els diferents escenaris alternatius aconseguixen una reducció d'emissions respecte el BAU, també continuen presentant unes emissions molt superiors a les requerides pel RCP2.6.

## Resumen

El presente Trabajo Final de Grado presenta un estudio de las emisiones de dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ), así como de los diferentes factores conductores que las producen en base a la llamada Identidad de Kaya (intensidad de carbono, intensidad energética, PIB per cápita i población), en los países de la cuenca mediterránea, tanto del sur de Europa como del norte de África y el extremo occidental del continente asiático.

En primer lugar, se estudia la evolución histórica de las emisiones, así como de los cuatro factores mencionados, entre los años 1990 y 2014. De forma genérica, se puede afirmar que el PIB per cápita y la población son los principales responsables del aumento de emisiones en este periodo, mientras que la intensidad energética disminuye y la intensidad de carbono presenta una evolución constante.

En segundo término, se construyen escenarios *Business As Usual* (BAU), los cuales siguen la tendencia del histórico, para los diferentes factores hasta el 2050 y a partir de estos se encuentra este mismo escenario para las emisiones.

En tercer lugar, se construyen escenarios alternativos de emisiones variando alguno de los factores conductores. En este trabajo no se ha contemplado la variación de la intensidad de carbono ni de la población y se ha trabajado con la intensidad energética y el PIB per cápita.

Estos tres pasos se aplican también para los agregados de países (desarrollados y en desarrollo en función de la su pertinencia a la OCDE, y total) para observar el contraste entre todos ellos en base a su grado de desarrollo.

Finalmente, se comparan escenarios BAU y alternativos de emisiones con el escenario RCP2.6 (escenario del IPCC para el que el aumento de la temperatura media no supera los  $2\text{ }^{\circ}\text{C}$  respecto a la temperatura anterior a la era industrial). La conclusión general que se extrae es que las emisiones del escenario BAU son mucho más elevadas que las del RCP2.6, y que, aunque los diferentes escenarios alternativos consiguen una reducción de emisiones respecto al BAU, también continúan presentando unas emisiones muy superiores a las requeridas por el RCP2.6.

## Abstract

The current Degree Final Project presents an analysis of carbon dioxide (CO<sub>2</sub>) emissions, as well as of the different driving forces which produce them according to the Kaya Identity (carbon intensity, energy intensity, GDP per capita and population), in the Mediterranean countries (south Europe, north Africa and west Asia).

First of all, the emissions historical evolution is analysed, as well as of the four mentioned forces, between 1990 and 2014. It can be affirmed the GDP per capita and the population are the main causes of the emissions increase in this period, while the energy intensity decreases and the carbon intensity presents a constant evolution.

Secondly, *Business As Usual* (BAU) scenarios are built (scenarios which follow historical trends), for the different driving forces until 2050 and, based on these, the same scenario is found for the emissions.

In third place, alternative scenarios are built varying some driving forces. In this project the carbon intensity and the population variation are not contemplated and the scenarios are made from the energy intensity and the GDP per capita variation.

These steps are also followed for the sets of countries (developed and developing based on its membership in the OECD, and total) to observe the contrast between all of them depending on their development.

Finally, BAU and alternative scenarios are compared to the RCP2.6 scenario (IPCC's scenario in which the average temperature increase in the planet is not more than 2 °C related to the temperature previous to the industrial era). The general conclusion is that BAU scenario emissions are much higher than the RCP2.6 ones and that, although the different alternative scenarios achieve a great reduction, they continue being also much higher than the RCP2.6 ones.



## Agraïments

Vull agrair l'ajuda proporcionada (seguiment, orientació, correcció i facilitació de documents) durant tot el procés d'elaboració d'aquest TFG a la directora del mateix, Olga Alcaraz i Sendra, del Departament de Física de l'EEBE (UPC) i membre del grup STH (Sostenibilitat, Tecnologia i Humanisme).

Vull agrair també l'orientació, especialment en el desenvolupament inicial del treball, al co-director d'aquest TFG, Josep Xercavins Valls, del Departament de Mecànica de Fluids de l'EEBE (UPC) i responsable del grup STH (Sostenibilitat, Tecnologia i Humanisme).







## Glossari

CO<sub>2</sub>: diòxid de carboni.

GEH: Gasos d'Efecte Hivernacle. També GHG (*Greenhouse Gases*).

GWP: *Global Warming Potential*. Potencial d'escalfament global.

ONU: Organització de les Nacions Unides. També UN (*United Nations*).

UNFCCC: *United Nations Framework Convention on Climate Change*. Convenció Marc de les Nacions Unides sobre el Canvi Climàtic.

COP: *Conference of the Parties*. Conferència de les Parts.

IPCC: *Intergovernmental Panel on Climate Change*. Grup intergovernamental d'experts sobre el canvi climàtic.

NDCs: *Nationally Determined Contributions*. Contribucions determinades a nivell nacional.

INDCs: *Intended Nationally Determined Contributions*. Contribucions previstes determinades a nivell nacional.

PIB: Producte Interior Brut. També GDP (*Gross Domestic Product*).

TPES: *Totally Primary Energy Supply*. Subministrament total d'energia primària.

RCP: *Representative Concentration Pathways*. Trajectòries de concentració de gasos d'efecte hivernacle publicades per l'IPCC.

OCDE: Organització per a la Cooperació i el Desenvolupament Econòmics. També OECD (*Organisation for Economic Cooperation and Development*).

WB: *World Bank*. Banc Mundial.

IEA: *International Energy Agency*. Agència Internacional de l'Energia.

PPP: Paritat de Poder Adquisitiu.

DESA: *Department of Economic and Social Affairs*. Departament d'Afers Econòmics i Socials.

BAU: *Business As Usual*. Escenaris de futur que segueixen la tendència d'unes dades històriques.



OCCC: Oficina Catalana del Canvi Climàtic.

ITEC: Institut de Tecnologia de la Construcció de Catalunya.

# Índex

<b>RESUM</b>	<b>I</b>
<b>RESUMEN</b>	<b>II</b>
<b>ABSTRACT</b>	<b>III</b>
<b>AGRAÏMENTS</b>	<b>V</b>
<b>GLOSSARI</b>	<b>VII</b>
<b>1. PREFACI</b>	<b>1</b>
1.1. Origen del treball .....	1
1.2. Motivació .....	1
1.3. Requeriments previs .....	1
<b>2. INTRODUCCIÓ</b>	<b>3</b>
2.1. Objectius del treball .....	3
2.2. Abast del treball .....	3
2.3. Canvi climàtic: ciència .....	4
2.4. Canvi climàtic: política .....	8
2.5. Identitat de Kaya .....	11
2.6. Escenaris de futur .....	13
<b>3. SELECCIÓ DE DADES</b>	<b>17</b>
3.1. Països a estudiar .....	17
3.1.1. Països de la conca mediterrània .....	17
3.1.2. Països descartats .....	19
3.1.3. Agregats de països .....	20
3.2. Recopilació de dades .....	21
3.2.1. Emissions de CO <sub>2</sub> .....	21
3.2.2. Subministrament d'energia primària .....	22
3.2.3. Producte Interior Brut .....	23
3.2.4. Població .....	23
<b>4. ANÀLISI DE LES EVOLUCIONS HISTÒRIQUES</b>	<b>25</b>
4.1. Metodologia de càlcul .....	25
4.1.1. Normalització de valors .....	25
4.1.2. Taxes de variació .....	26

4.2.	Evolució històrica de les emissions .....	28
4.3.	Evolució històrica dels factors conductors.....	32
<b>5.</b>	<b>ESCENARIS DE FUTUR “BUSINESS AS USUAL” .....</b>	<b>37</b>
5.1.	Metodologia de càlcul .....	37
5.2.	Exemples d’aplicació.....	38
<b>6.</b>	<b>ESCENARIS DE FUTUR ALTERNATIUS .....</b>	<b>51</b>
6.1.	Escenaris de la intensitat energètica.....	52
6.1.1.	Escenari 1.1 .....	52
6.1.2.	Escenari 1.2 .....	55
6.2.	Escenaris del PIB per càpita.....	57
6.2.1.	Escenari 2.1 .....	57
6.2.2.	Escenari 2.2 .....	59
6.3.	Escenaris combinats .....	61
6.4.	Exemples d’aplicació a països concrets.....	65
<b>7.</b>	<b>COMPARACIÓ AMB EL RCP2.6 .....</b>	<b>67</b>
<b>8.</b>	<b>ANÀLISI DE L’IMPACTE AMBIENTAL .....</b>	<b>69</b>
	<b>CONCLUSIONS .....</b>	<b>71</b>
	<b>PRESSUPOST .....</b>	<b>75</b>
	<b>BIBLIOGRAFIA .....</b>	<b>77</b>
	<b>ANNEXOS .....</b>	<b>81</b>
	ANNEX I.....	81
	ANNEX II.....	81
	ANNEX III.....	81
	ANNEX IV.....	82
	ANNEX V.....	82
	ANNEX VI.....	82

# 1. Prefaci

## 1.1. Origen del treball

L'origen del present Treball Fi de Grau es troba en el curs realitzat per l'autor de la matèria optativa Canvi Climàtic: Ciència, Economia, Energia, Economia, Política i Futur (CCCEEPF) a l'Escola d'Enginyeria de Barcelona Est (EEBE) de la Universitat Politècnica de Catalunya (UPC) al quadrimestre de tardor del curs 2016-2017 en el marc del Grau en Enginyeria de l'Energia. Durant el seguiment de l'esmentat curs, es presenta l'oportunitat d'establir un contacte amb els dos professors de l'assignatura, experts en el tema, que acaben oferint a l'autor l'execució d'un projecte de l'àmbit del canvi climàtic i que acaben essent directora i co-director, respectivament, d'aquest treball.

## 1.2. Motivació

La motivació d'aquest projecte neix de l'interès ja previ de l'autor per la sostenibilitat, el medi ambient i, en els últims anys, el canvi climàtic. La realització de l'assignatura Tecnologies Mediambientals i Sostenibilitat (TMS) primer i Canvi Climàtic (CCCEEPF) després aviven aquest interès pel tema. De la mateixa manera, la relació directa del medi ambient amb l'enginyeria, i més concretament, amb l'enginyeria de l'energia, emfatitzen la inquietud per un projecte d'aquestes característiques.

Respecte el tema concret objecte d'estudi, val a dir que l'anàlisi d'històrics d'emissions així com la projecció d'escenaris tendencials i alternatius d'aquestes mateixes emissions, en gran part provocades pel desenvolupament econòmic de cada territori majoritàriament lligat a la industrialització del mateix, evidencia encara més la relació entre enginyeria i sostenibilitat comentada prèviament. A més, donades les diferències socioeconòmiques entre els països analitzats, aquest estudi permet extreure conclusions més enllà de l'àmbit de l'enginyeria.

## 1.3. Requeriments previs

L'entesa d'aquest projecte no està subjecta a un alt grau de coneixement sobre cap matèria específica. Únicament es requereix el domini d'operacions matemàtiques bàsiques per a entendre alguna de les metodologies de càlcul emprades i la correcta interpretació de gràfiques amb eixos cartesianes. Pot ser d'ajuda el coneixement bàsic sobre el significat de cada factor que influeix en les emissions de diòxid de carboni segons la Identitat de Kaya (tot i que aquest últim punt es troba

explicat a la introducció d'aquest mateix document). I per últim, és necessària la consciència de l'existència d'importants diferències socioeconòmiques entre països de diferents continents i, sobretot, una mínima curiositat pel medi ambient i, concretament, pels possibles escenaris de futur d'emissions als països de la conca mediterrània.

Val a dir que l'autor ha requerit de la facilitació de dos projectes anteriors realitzats al grup d'investigació al qual pertanyen la directora i el co-director d'aquest treball per a poder extreure conclusions més significatives, especialment a la part final del projecte.

## **2. Introducció**

Aquest capítol té la intenció de contextualitzar l'àmbit d'aquest projecte per tal de facilitar la posterior comprensió de les anàlisis que es presenten. Inclou els objectius i l'abast de l'estudi realitzat així com breus explicacions teòriques de conceptes emprats en els següents capítols.

### **2.1. Objectius del treball**

El treball desenvolupat a continuació té com a principal objectiu l'estudi de l'evolució de les emissions de CO<sub>2</sub> que provenen de la crema de combustibles fòssils en els països de la conca mediterrània, en base a l'estudi dels factors conductors d'aquestes emissions. A partir d'aquest estudi es pretén contribuir a conscienciar sobre la greu problemàtica que el canvi climàtic comporta per al medi ambient i la sostenibilitat del planeta.

L'assoliment de l'objectiu principal passa per la imposició d'objectius més concrets, com l'anàlisi de l'evolució històrica de les emissions i els seus factors conductors dels països de la conca mediterrània així com dels agregats de països desenvolupats, en desenvolupament i total. De la mateixa manera, es fixen com a objectius importants l'elaboració d'escenaris de futur, BAU i alternatius, d'emissions tant pels països com pels agregats d'aquests.

Finalment, es té com a últim objectiu la comparació dels escenaris elaborats amb l'escenari de reducció d'emissions compatible amb l'objectiu que la temperatura mitjana del planeta no pugi més de 2 °C respecte la temperatura de l'època preindustrial.

### **2.2. Abast del treball**

El present treball se centra en l'estudi de les emissions de CO<sub>2</sub> als països de la conca mediterrània i d'alguns agregats d'aquests.

Les emissions estudiades en aquest projecte són emissions de diòxid de carboni (CO<sub>2</sub>) provinents de la crema de combustibles fòssils, quedant fora de l'àmbit d'estudi altres gasos d'efecte hivernacle. A més, l'anàlisi i el càlcul d'emissions es realitza sempre en base a la Identitat de Kaya i els factors conductors que aquesta presenta. No es contempla cap altra relació entre emissions i factors conductors que pugui existir.

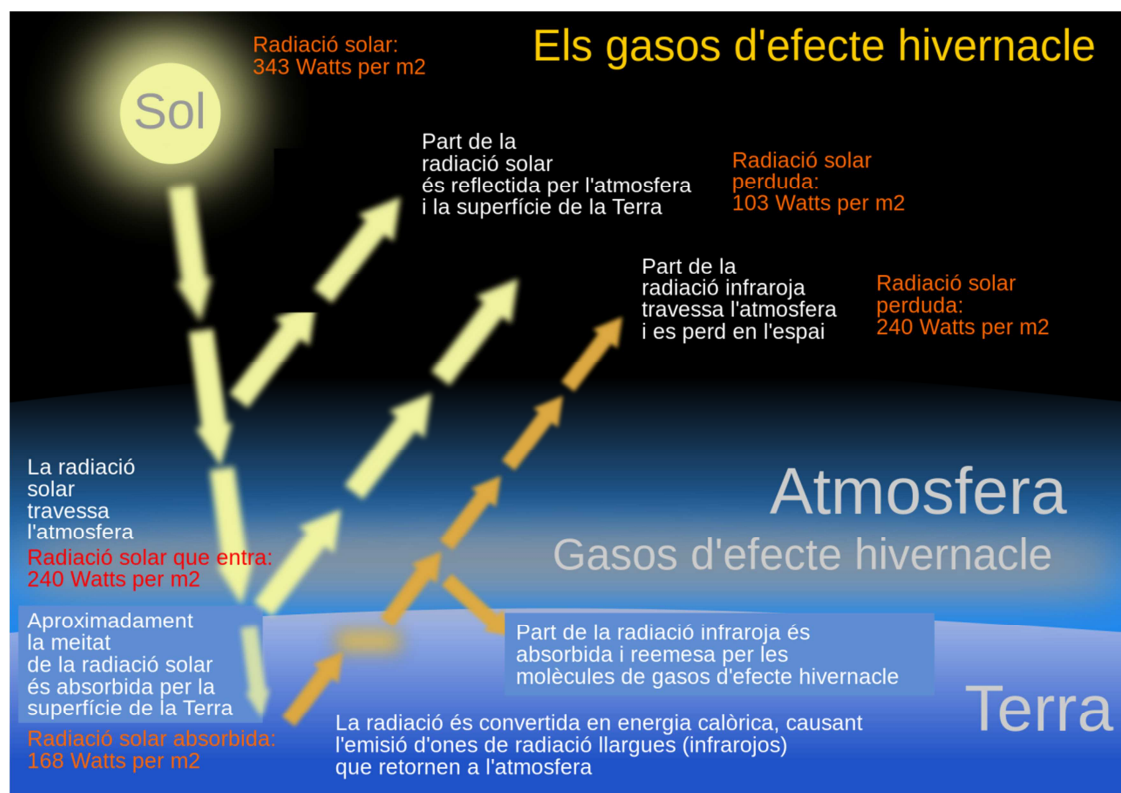
Per últim, per a la construcció d'escenaris alternatius d'emissions, aquest estudi contempla l'actuació sobre la intensitat energètica i el PIB per càpita, no entrant a valorar el que suposaria actuar sobre la intensitat de carboni o la població.

## 2.3. Canvi climàtic: ciència

Es coneix com a “canvi climàtic” l'alteració de variables que es tenen identificades amb un determinat clima (el del planeta Terra en aquest cas). Actualment, aquesta alteració ve donada per un desequilibri en el forçament radiatiu, originat per un augment de la concentració de gasos d'efecte hivernacle (GEH) degut a l'activitat humana.

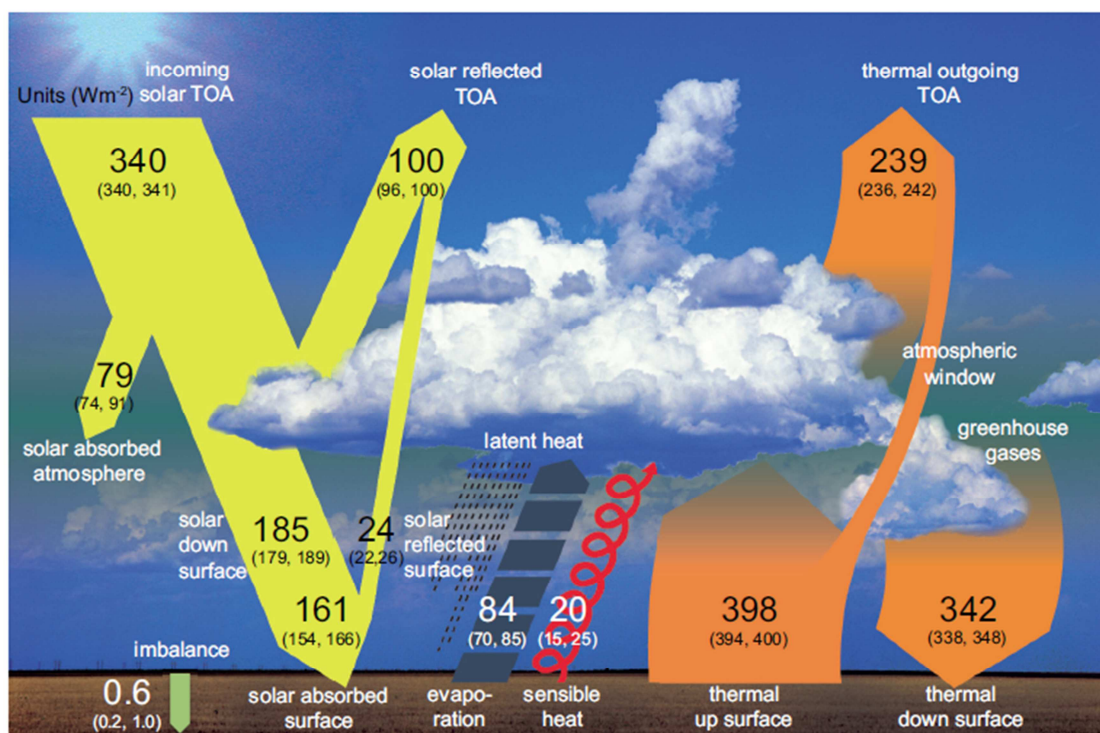
L'efecte hivernacle, produït pels GEH presents a l'atmosfera terrestre, és un fenomen natural i del tot indispensable per a l'habitabilitat del planeta. Gràcies a l'efecte hivernacle, la temperatura mitjana del planeta és d'uns 15 °C, mentre que sense l'efecte hivernacle seria d'uns -15 °C i no seria possible l'existència d'aigua líquida, la qual és un dels factors imprescindibles per a la vida. Es pot explicar l'efecte hivernacle en base al balanç que es presenta a la *Figura 1*. Sense entrar en detall, de la radiació solar que arriba a l'atmosfera terrestre, una part és reflectida, mentre que una altra part arriba a la superfície terrestre, escalfant-la. Part de l'energia tèrmica absorbida per la Terra retorna en forma de radiació tèrmica infraroja, la majoria de la qual és reabsorbida per l'atmosfera. Per últim, es torna a produir una reemissió de radiació tèrmica cap al planeta que també contribueix a escalfar-ne la superfície.





**Figura 1.** Esquema de la radiació solar en l'efecte hivernacle natural. Font: [1].

El canvi climàtic referit anteriorment sorgeix arrel de la intensificació de l'efecte hivernacle causada per les emissions de GEH originades per l'activitat humana que han provocat un augment de la concentració d'aquests gasos a l'atmosfera terrestre i una alteració del cicle del carboni natural. L'emissió de gasos d'efecte hivernacle (GEH) s'ha vist incrementada des de la Revolució Industrial, fet que ha provocat l'aparició d'un efecte hivernacle "artificial" en el qual es trenca el balanç dinàmic radiatiu equilibrat entre energia rebuda i energia emesa a nivell planetari.



**Figura 2.** Esquema de la radiació solar en l'efecte hivernacle antropogènic. Font: [2].

En la figura anterior es pot comprovar que el flux d'energia entrant és superior al flux d'energia sortint, fet que demostra l'existència d'un forçament radiatiu (taxa de variació de l'energia per unitat de superfície del planeta) positiu, causant del desequilibri esmentat que crea l'escalfament global.

Val a dir que l'augment de temperatura provocat per aquest fenomen ha estat més accelerat durant les tres últimes dècades que durant el període anterior des de la Revolució Industrial, fet que es pot relacionar directament amb la concentració de diòxid de carboni a l'atmosfera al llarg del temps:

Any	1750	1990	2010	2015
ppm CO <sub>2</sub>	280	350	390	400
Gt CO <sub>2</sub>	2212	2765	3081	3160

**Taula 1.** Evolució històrica de la concentració de CO<sub>2</sub> a l'atmosfera terrestre expressada en parts per milió i en gigatonnes. Font: [1] i elaboració pròpia.

Es pot apreciar que el creixement és exponencial, amb un increment molt més ràpid durant els últims anys.

El diòxid de carboni és el gas d'efecte hivernacle principal causant de l'escalfament global i el que es pren com a referència. A més, el seu temps de permanència a l'atmosfera s'estima que és entre

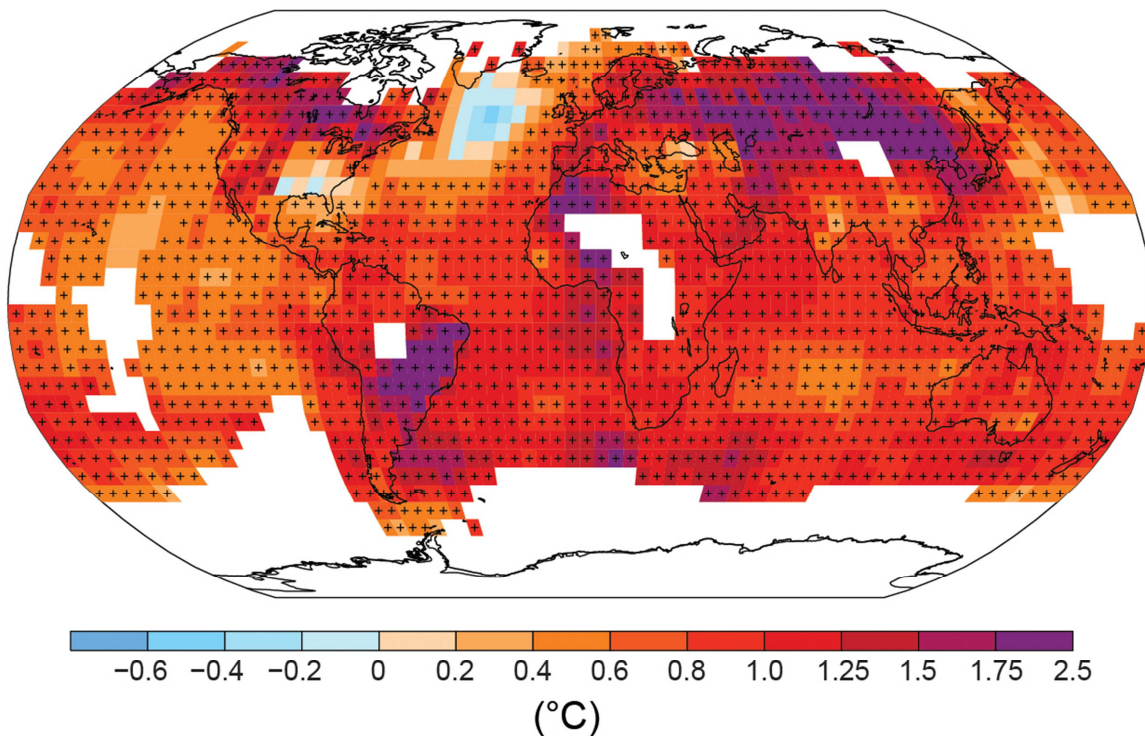
centenars i milers d'anys. No obstant, existeixen altres gasos d'efecte hivernacle tot i tenir unes emissions més baixes.

Gas d'efecte hivernacle	Font antropogènica (exemples)	Percentatge d'emissions de GEH al 2010 (%)	Potencial d'escalfament global (GWP) en 100 anys
Diòxid de carboni (CO <sub>2</sub> )	Crema de combustibles fòssils, producció de ciment	76	1
Metà (CH <sub>4</sub> )	Extracció i distribució de combustibles fòssils, bestiar, abocadors	16	25
Òxid nitrós (N <sub>2</sub> O)	Fertilitzants	6	298
Hidrofluorocarburs (HFCs)	Refrigerants líquids	< 2	124 – 14800
Perfluorocarburs (PFCs)	Refrigerants, electrònica, indústria de l'alumini	< 2	7390 – 12200
Hexafluorur de sofre (SF <sub>6</sub> )	Aïllants a l'electrònica, indústria del magnesi	< 2	22800
Trifluorur de nitrogen (NF <sub>3</sub> )	Indústria electrònica, indústria fotovoltaica	< 2	17200

**Taula 2.** Resum de gasos d'efecte hivernacle d'origen antropogènic. Fonts: [2], [3] i elaboració pròpia.

A la taula anterior, a més de les fonts d'emissió i del percentatge d'emissions que cobreix cada gas, s'hi pot observar l'anomenat potencial d'escalfament global (GWP per *Global Warming Potential*). Aquest paràmetre indica la contribució al forçament radiatiu que produeix una unitat de cada gas en relació al CO<sub>2</sub>, al qual se li assigna un valor unitari. Es pot apreciar que els gasos amb menors emissions són els de major potencial.

A part de contribuir a l'efecte hivernacle antropogènic amb el seu corresponent escalfament global, les emissions dels esmentats gasos també modifiquen el cicle del carboni variant els seus nivells als embornals i escalfen els mars i els oceans generant més núvols d'aigua. Com a resum, es pot veure l'evolució de la temperatura a la superfície de continents i oceans entre els anys 1901 i 2012:



**Figura 3.** Variació de la temperatura a la superfície terrestre entre els anys 1901 i 2012. Font: [2].

## 2.4. Canvi climàtic: política

L'organisme internacional encarregat de prendre decisions en l'àmbit de la lluita contra el canvi climàtic depèn directament de les Nacions Unides i és la UNFCCC (*United Nations Framework Convention on Climate Change*). Aquest organisme està format per 197 països que en aquest context són anomenats com a "parts". Des de la creació de la UNFCCC a Rio de Janeiro (Brasil) l'any 1992, s'han celebrat convencions anuals a diferents ciutats del món, essent la primera a Berlín (Alemanya) l'any 1995 i la darrera a Bonn (Alemanya) durant el mes de novembre del 2017. Aquestes convencions han estat anomenades COP (*Conference of the Parties*).

Val a dir que la UNFCCC pren com a referència alguns organismes independents com l'IPCC (*Intergovernmental Panel on Climate Change*), que elabora informes que recullen l'estat de l'art sobre el canvi climàtic, algun dels quals s'utilitza en aquest projecte per a extreure les conclusions de la part final.



Figura 4. Eix cronològic d'algunes COP. Font: [4].

D'entre totes les COP celebrades destaquen especialment dues. La primera és la COP3 de Kyoto de l'any 1997 on neix el conegut Protocol de Kyoto, el qual no va entrar en vigor fins al 2005, 90 dies després de que Rússia el ratifiqués. En aquest acord es fixaven per primer cop objectius quantitius de reducció d'emissions jurídicament vinculants per als països industrialitzats.

La segona i més important donada la seva proximitat històrica és la COP21 de París de l'any 2015. D'aquesta convenció va sortir l'Acord de París, que marca un objectiu clar en el seu Article 2 [5]:

*“1. El present Acord, en millorar l'aplicació de la Convenció, inclòs l'assoliment del seu objectiu, té per objecte reforçar la resposta mundial a l'amenaça del canvi climàtic, en el context del desenvolupament sostenible i dels esforços per eradicar la pobresa, per a això:*

- a) Mantenir l'augment de la temperatura mitjana mundial molt per sota de 2 °C respecte als nivells preindustrials, i prosseguir els esforços per a limitar aquest augment de la temperatura a 1,5 °C respecte als nivells preindustrials, reconeixent que això reduiria considerablement els riscos i els efectes del canvi climàtic;*
- b) Augmentar la capacitat d'adaptació als efectes adversos del canvi climàtic i promoure la resiliència al clima i un desenvolupament amb baixes emissions de gasos d'efecte hivernacle, d'una manera que no comprometi la producció d'aliments; i*
- c) Situar els fluxos financers en un nivell compatible amb una trajectòria que condueixi a un desenvolupament de resiliència al clima i amb baixes emissions de gasos d'efecte hivernacle.*

*2. El present Acord s'aplicarà de manera que reflecteixi equitat i el principi de les responsabilitats comuns però diferenciades i les capacitats respectives, a la llum de les diferents circumstàncies nacionals.”*

Per a l'assoliment d'aquest objectiu es defineix a l'Article 4 del mateix Acord [5] que “[...] les emissions mundials de gasos d'efecte hivernacle assoleixin el seu punt màxim el més aviat possible, tenint present que les Parts que són països en desenvolupament trigaran més en aconseguir-ho, i a



*partir d'aquest moment reduir ràpidament les emissions de gasos d'efecte hivernacle [...] per a assolir un equilibri entre les emissions antropogèniques per les fonts i l'absorció antropogènica pels embornals en la segona meitat del segle [...]*".

La metodologia de reducció d'emissions per a l'assoliment d'aquests objectius que proposa el propi Acord de París està basada en les anomenades NDCs (*Nationally Determined Contributions*). Aquests compromisos de reducció d'emissions adoptats per les Parts han de ser avaluats contínuament cada 5 anys per veure si l'objectiu de limitació de l'increment de la temperatura en 2 °C és assolible o si, pel contrari, s'han d'adoptar compromisos més ambiciosos.

L'Acord està en vigor des del 4 de novembre del 2016, quan les Parts que el van ratificar van arribar a representar el 55 % de les emissions totals de gasos d'efecte hivernacle, tal i com també fixa el propi Acord.



**Figura 5.** Logotip de la COP21 a París de l'any 2015. Font: [6].

De la mateixa COP21 també va sorgir el debat sobre la insuficiència de les mesures presentades a les INDCs (*Intended Nationally Determined Contributions*) prèvies a les NDCs, que recullen les contribucions a la mitigació dels països per al període 2020-2030. L'efecte agregat de les INDCs condueix a un nivell d'emissions molt per sobre del requerit per l'escenari de futur que limita l'augment de temperatura als 2 °C [7].

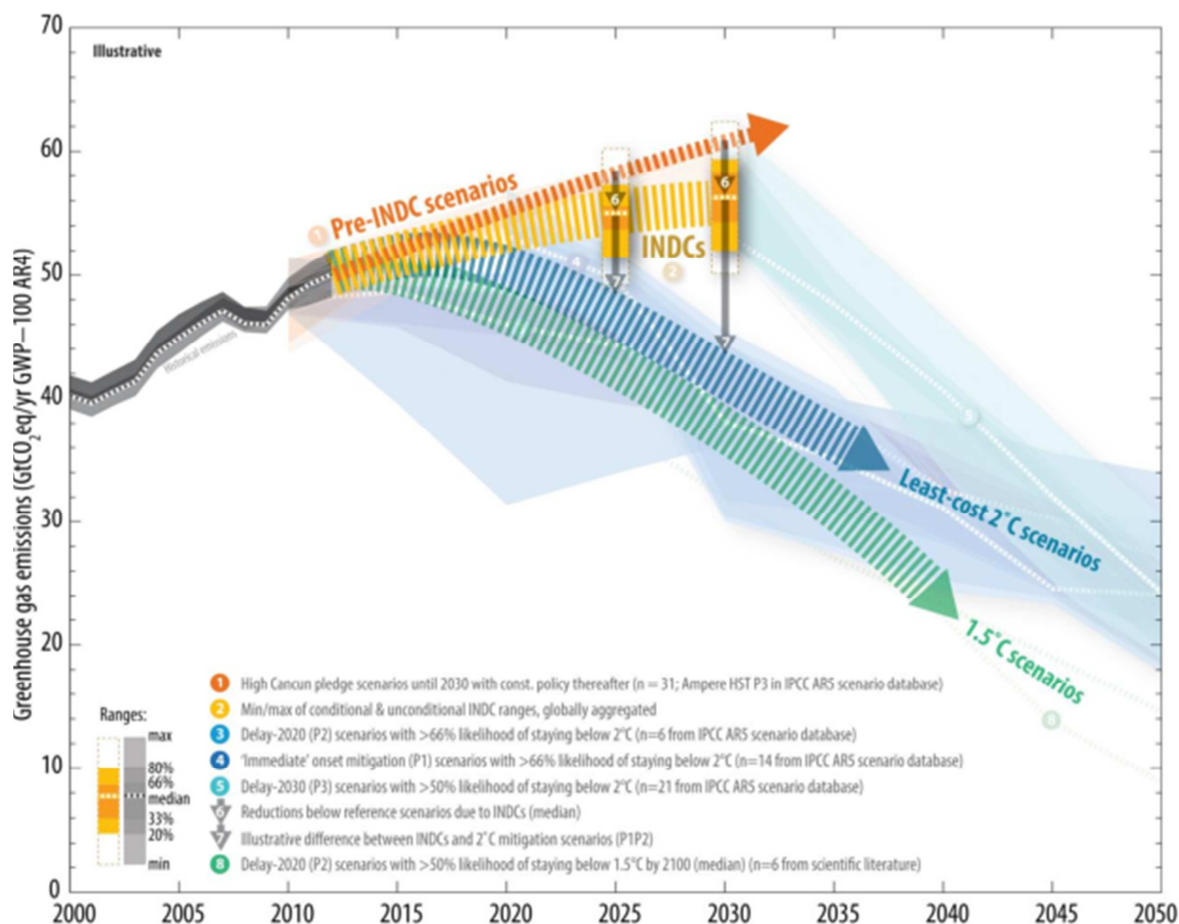


Figura 6. Comparativa d'emissions de futur entre escenaris de les INDCs i dels 1,5 i 2 °C. Font: [7].

## 2.5. Identitat de Kaya

La Identitat de Kaya és una equació identitària que expressa les emissions de CO<sub>2</sub> com el producte de quatre factors conductors que les originen. Com ja ha estat comentat, el CO<sub>2</sub> és el gas d'efecte hivernacle d'origen antropogènic més important amb diferència. Així doncs, aquest estudi està basat en les emissions d'aquest gas, motiu pel qual la identitat presentada esdevé l'eix central sobre el que s'efectuen els càlculs i s'extreuen les conclusions d'aquest projecte.

L'esmentada expressió va ser desenvolupada per l'economista energètic japonès Yoichi Kaya al seu llibre *Environment, Energy, and Economy: strategies for sustainability* [8].

Aquesta fórmula matemàtica estableix que els quatre factors conductors que determinen les emissions de CO<sub>2</sub> són la intensitat de carboni, la intensitat energètica, el PIB (producte interior brut) per càpita i la població.

La Identitat de Kaya té la següent forma:

$$Emissions\ CO_2 = \frac{Emissions\ CO_2}{Energia} \cdot \frac{Energia}{PIB} \cdot \frac{PIB}{Població} \cdot Població \quad (Eq. 1)$$

L'energia és habitualment expressada com TPES (*Total Primary Energy Supply*).

Aquesta expressió es pot substituir pels termes que segueixen:

$$E = ic \cdot ie \cdot g \cdot P \quad (Eq. 2)$$

On  $E$  fa referència a les emissions, habitualment expressades en megatones de diòxid de carboni (Mt CO<sub>2</sub>).

El paràmetre  $ic$  es refereix a la intensitat de carboni, és a dir, a les emissions de CO<sub>2</sub> per cada unitat d'energia primària emprada per a la satisfacció energètica d'un territori. En funció de la font d'energia emprada, aquesta varia, essent el carbó una de les fonts amb major intensitat de carboni, seguit pel petroli o el gas natural, i trobant a l'altre extrem les energies renovables o la nuclear, que presenten emissions nul·les, almenys de forma directa. Se sol expressar en Mt CO<sub>2</sub>/EJ.

$$ic = \frac{Emissions\ CO_2}{TPES} \quad (Eq. 3)$$

La intensitat energètica ( $ie$ ) indica la relació entre l'energia primària necessària per a la producció d'una unitat de guany econòmic. En altres termes, depèn directament de l'eficiència de les centrals generadores. Quan l'eficiència d'una central és elevada, aquesta disminueix la seva intensitat energètica associada. Les seves unitats habituals són EJ/milers de milions de \$.

$$ie = \frac{TPES}{PIB} \quad (Eq. 4)$$

El PIB per càpita ( $g$ ) és l'indicador de la riquesa d'un territori, expressant el poder adquisitiu a nivell econòmic per cada habitant de l'esmentat territori. En aquest cas, s'expressa en milers de milions de \$/milions d'habitants.

$$g = \frac{PIB}{Població} \quad (Eq. 5)$$

Per últim, el factor  $P$  indica la població total d'un territori. Aquest ve donat, en aquest context, en milions d'habitants.

Els factors conductors que contribueixen a les emissions segons la identitat matemàtica presentada també es poden relacionar entre ells a través de les seves respectives taxes de variació, de manera



que la taxa de variació de les emissions en un determinat període de temps  $r(E)$  pot aproximar-se com la suma de les taxes de variació de la resta de factors conductors per al mateix interval temporal:

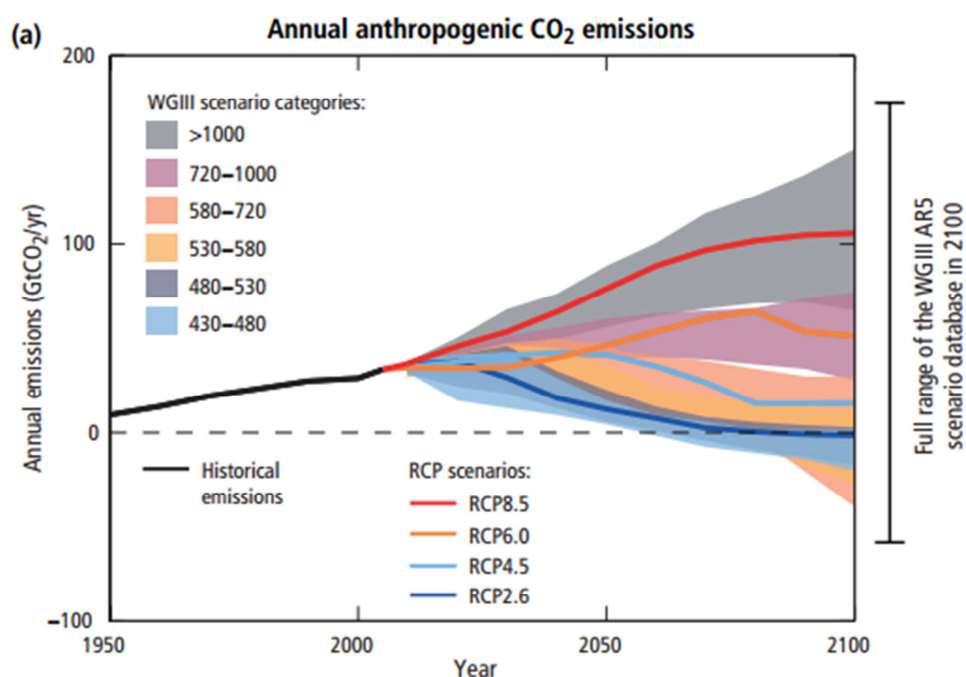
$$r(E) \approx r(ic) + r(ie) + r(g) + r(P) \quad (\text{Eq. 6})$$

## 2.6. Escenaris de futur

El ja esmentat IPCC ha elaborat fins a cinc informes d'avaluació o AR (*Assessment Report*) en els quals ha anat exposant diferents conclusions de la comunitat científica que en moltes ocasions han servit de base per a les convencions de la UNFCCC. Com a exemple, a l'AR4 es va relacionar directament la concentració de CO<sub>2</sub> a l'atmosfera amb l'increment de la temperatura mitjana del planeta.

Ara bé, per l'objecte d'aquest projecte és especialment important un dels punts clau introduït a l'AR5, elaborat entre els anys 2014 i 2015 a les portes de la COP21 a París. En aquest informe es defineixen uns escenaris de futur de les emissions de CO<sub>2</sub> anomenats RCPs (*Representative Concentration Pathways*) que mostren quantitativament quins nivells d'emissions d'origen antropogènic condueixen als diferents increments de la temperatura mitjana del planeta.

Concretament es publiquen quatre escenaris denominats com RCP2.6, RCP4.5, RCP6.0 i RCP8.5, on el número que els acompanya fa referència al forçament radiatiu de l'any 2100 respecte a nivells preindustrials (any 1750) que implica cada escenari.



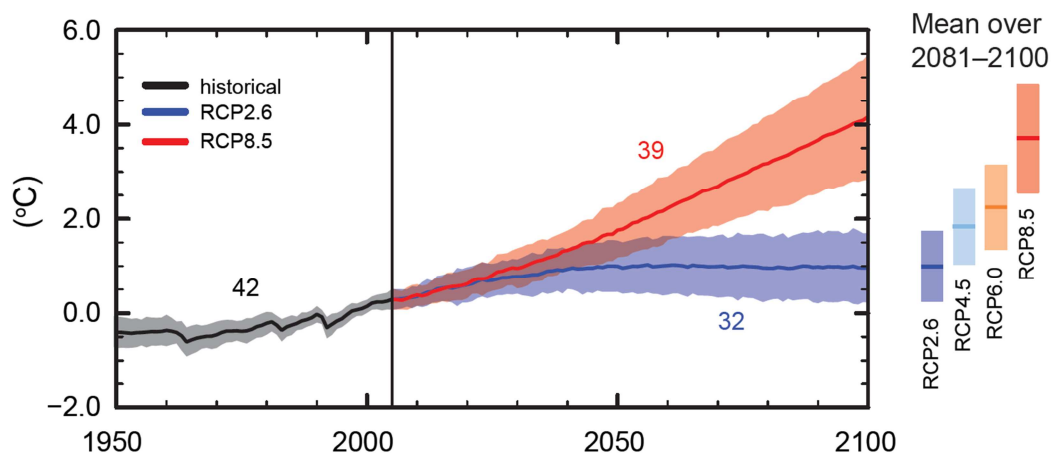
**Figura 7.** Representació gràfica de les emissions de CO<sub>2</sub> anuals implicades per cada escenari RCP, així com concentracions de CO<sub>2</sub> equivalent en ppm. Font: [9].

A la figura anterior també s'hi pot apreciar la concentració de CO<sub>2</sub> equivalent en parts per milió associada a cada escenari.

Donat que l'Acord de París estableix com a objectiu no superar l'increment de temperatura de 2 °C, s'ha de prendre com a referència l'escenari RCP2.6. Aquest, que com es pot veure també a la imatge prèvia és el que presenta nivells inferiors d'emissions d'entre tots els escenaris proposats, a part d'establir l'increment de temperatura en 2 °C, també fixa la concentració de CO<sub>2</sub> equivalent en 475 ppm per al 2100 i en 421 ppm les de CO<sub>2</sub>. Té associat un forçament radiatiu de 2,6 W/m<sup>2</sup> i marca amb una probabilitat superior al 66 % que no se superarà l'increment de temperatura esmentat si les emissions acumulades des de l'inici de la Revolució Industrial fins a finals d'aquest segle es limiten a 2900 Gt CO<sub>2</sub>. Tenint en compte que ja s'han emès prop de 2000 Gt CO<sub>2</sub>, es pot considerar que resten poc menys de 1000 Gt CO<sub>2</sub> per a poder emetre si es vol seguir mantenint l'objectiu dels 2 °C.

CO <sub>2</sub> -eq Con- centrations in 2100 (ppm CO <sub>2</sub> -eq) <sup>f</sup>  Category label (conc. range)	Relative position of the RCPs <sup>d</sup>	Likelihood of staying below a specific temperature level over the 21st cen- tury (relative to 1850–1900) <sup>4, e</sup>			
		1.5°C	2°C	3°C	4°C
450 (430 to 480)	RCP2.6	More unlikely than likely	Likely	Likely	Likely
500 (480 to 530)		Unlikely	More likely than not		
			About as likely as not		
550 (530 to 580)			More unlikely than likely <sup>f</sup>		
(580 to 650)	RCP4.5		Unlikely		
(650 to 720)				More unlikely than likely	
(720 to 1000) <sup>h</sup>	RCP6.0	Unlikely <sup>h</sup>	Unlikely <sup>h</sup>	Unlikely	More unlikely than likely
>1000 <sup>h</sup>	RCP8.5		Unlikely <sup>h</sup>	Unlikely	

**Figura 8.** Correlació dels escenaris RCP amb la seva concentració de CO<sub>2</sub>, el seu increment de temperatura associat i la seva probabilitat. Font: [9].



**Figura 9.** Associació dels escenaris RCP2.6 i RCP8.5 a un increment de temperatura des del 2005 fins al 2100.  
Font: [9].

Per a la realització d'aquest projecte s'emprarà l'escenari RCP2.6 com a model per a l'extracció de conclusions a través de la comparació amb escenaris BAU (*Business As Usual*) i alternatius elaborats en els capítols 5 i 6 d'aquest mateix document.



### 3. Selecció de dades

Aquest capítol pretén justificar l'elecció dels països sobre els quals s'ha realitzat l'estudi així com la procedència de les dades de cadascun d'aquests.

#### 3.1. Països a estudiar

##### 3.1.1. Països de la conca mediterrània

El mar Mediterrani és una massa d'aigua encabida entre el sud d'Europa, el nord d'Àfrica i l'extrem occidental d'Àsia. Donats els continents que el delimiten, es pot deduir que els països que formen part de la conca mediterrània presenten característiques socioeconòmiques molt diverses. La majoria d'aquests països no es troben entre els majors emissors de CO<sub>2</sub> d'origen antropogènic del món, però el seu anàlisi permet contraposar realitats diferents en funció de si es tracta d'un país desenvolupat o en vies de ser-ho.

Els països objecte d'estudi, per tant, són els següents:

País	Capital	Continent	Superfície (km <sup>2</sup> )	Població al 2015 (milions d'hab.)
Albània	Tirana	Europa	28.748	2,90
Algèria	Alger	Àfrica	2.381.741	39,67
Bòsnia i Hercegovina	Sarajevo	Europa	51.197	3,81
Croàcia	Zagreb	Europa	56.594	4,24
Xipre	Nicòsia	Europa	9.251	1,17
Egipte	El Caire	Àfrica	1.001.450	91,51
França	París	Europa	643.801	64,40
Grècia	Atenes	Europa	131.957	10,96
Israel	Jerusalem	Àsia	20.770	8,06
Itàlia	Roma	Europa	301.338	59,80
Jordània	Amman	Àsia	89.342	7,60
Líban	Beirut	Àsia	10.400	5,85
Líbia	Trípoli	Àfrica	1.759.540	6,28
Malta	La Valletta	Europa	316	0,42

Mònaco	Mònaco	Europa	2	0,38
Montenegro	Podgorica	Europa	13.812	0,63
Marroc	Rabat	Àfrica	446.550	34,38
Portugal	Lisboa	Europa	92.090	10,35
Palestina	Ramala	Àsia	6.220	4,67
Eslovènia	Ljubljana	Europa	20.273	2,07
Espanya	Madrid	Europa	505.370	46,12
Síria	Damasc	Àsia	185.180	18,50
Tunísia	Tunis	Àfrica	163.610	11,25
Turquia	Ankara	Àsia	783.562	78,67

**Taula 3.** Llista de països de la conca mediterrània objecte d'estudi. Font: [10], [11] i elaboració pròpia.

Per a la seva millor ubicació, s'ha elaborat el següent mapa polític:



**Figura 10.** Mapa polític dels països de la conca mediterrània objecte d'estudi. Font: [12] i elaboració pròpia.

Es pot observar que, a part dels països que físicament tenen costa amb el mar Mediterrani, s'ha inclòs Portugal. Això es deu a la seva proximitat a aquest mar donada la seva situació a la península Ibèrica, fet que provoca se'l consideri habitualment com a país de la conca mediterrània i se l'inclogui en estudis que analitzen aquesta zona geogràfica.

### **3.1.2. Països descartats**

El fet de treballar amb països poc habituals en estudis d'aquest tipus provoca que existeixin dificultats a l'hora de cercar dades. De forma general, es poden classificar aquestes dificultats en dos tipus: la manca de dades a l'inici del període històric en el cas de ser un país relativament nou, o la falta de dades per l'existència de conflictes polítics en algun moment del mateix període històric.

En aquest cas, es pren com a període històric el que va des de l'any 1990 fins al 2015, fet que porta a eliminar directament de l'anàlisi Montenegro. Aquest país va ser creat al 2006 després de la seva separació de Sèrbia [13], de manera que impedeix fer un anàlisi comparatiu amb la resta de països, ja que les seves dades entre el 1990 i el 2005 es troben integrades dins de les dades de Sèrbia, i, tot i que algunes poden trobar-se per separat, no totes es poden determinar.

Val a dir que hi ha altres països (a part de Montenegro) com Eslovènia, Croàcia i Bòsnia i Hercegovina, que fins al 1991 van formar part de l'antic estat de Iugoslàvia [14], quan aquest es va desintegrar. Aquest succés, però, no afecta a la presa de dades des de l'any 1990.

Hi ha un estat que ha estat en continu conflicte polític durant tot aquest període: Palestina [15]. De fet, encara hi ha reticències a acceptar-lo com a estat. Degut a la inexistència d'algunes de les dades necessàries en certs intervals de temps i a la no fiabilitat de les dades publicades, s'ha decidit prescindir de l'estudi d'aquest país.

Per últim, i en la línia del conflicte amb les dades de Palestina, hi ha dos estats més que han presentat conflictes polítics derivats en guerres [16], fet que ha causat la manca de dades durant els últims anys, així com la baixa fiabilitat de les que han estat publicades. Aquests són Líbia i Síria, territoris que també queden exclosos del treball.

És cert que durant el període de conflictes armats en el que es van veure immerses Líbia i Síria, també s'hi inclouen Egipte i Tunísia. Ara bé, el conflicte en aquests països va ser de menor importància en comparació amb els altres dos i la publicació de dades no ha estat afectada aparentment, fet que no assegura la total veracitat d'aquestes.

A més, queda fora de l'anàlisi també Mònaco, ja que les seves dades estan habitualment integrades dins de les dades de França, donada la reduïda extensió del país.

Com a resum, els països que formen part de la conca mediterrània, però que, degut als motius anteriorment exposats, queden fora de l'àmbit d'estudi d'aquest projecte, són:

- Montenegro
- Palestina



- Líbia
- Mònaco
- Síria

Aquestes exclusions modifiquen el mapa prèviament mostrat, quedant de la següent manera:



**Figura 11.** Mapa polític dels països de la conca mediterrània objecte d'estudi definitius. Font: [12] i elaboració pròpia.

### 3.1.3. Agregats de països

En funció del grau de desenvolupament de cada territori en base a diferents paràmetres, l'OCDE (Organització per a la Cooperació i el Desenvolupament Econòmic) estableix una distinció entre països desenvolupats i països en vies de ser-ho [17]. En el conjunt de països objecte d'estudi hi tenen presència països d'ambdós subgrups, el que demostra l'existència de distintes realitats socioeconòmiques que ja es podia preveure donat el treball amb territoris de tres continents diferents.

Aquest contrast permet observar i extreure conclusions mitjançant la comparació dels diferents factors conductors entre els esmentats agregats de països.



Per tant, en l'anàlisi històric, l'elaboració d'escenaris BAU (*Business As Usual*) i l'elaboració d'escenaris alternatius, es treballarà amb cadascun dels 19 països definitius prèviament explicats, així com amb els agregats de països desenvolupats, països en desenvolupament i el conjunt de tots els països.

La repartició queda de la manera que segueix:

TOTAL	
Països desenvolupats	Països en desenvolupament
França, Grècia, Israel, Itàlia, Portugal, Eslovènia, Espanya i Turquia	Albània, Algèria, Bòsnia i Hercegovina, Croàcia, Xipre, Egipte, Jordània, Líban, Malta, Marroc i Tunísia

**Taula 4.** Classificació dels països de la conca mediterrània definitius en funció del seu grau de desenvolupament segons l'OCDE. Font: [17] i elaboració pròpia.

## 3.2. Recopilació de dades

Tal i com ha estat comentat amb anterioritat, l'anàlisi exposat en aquest treball es basa en l'aplicació de la Identitat de Kaya. Aquesta expressió matemàtica presenta quatre factors conductors (vegi's explicació al capítol 2.5) que al seu temps provenen d'operar aritmèticament amb quatre magnituds diferents.

Hi ha diferents organismes internacionals que publiquen dades referents a cadascuna d'aquestes quatre magnituds. Cadascun d'ells té en consideració diversos factors, fet que provoca l'existència de lleugeres diferències entre les fonts disponibles.

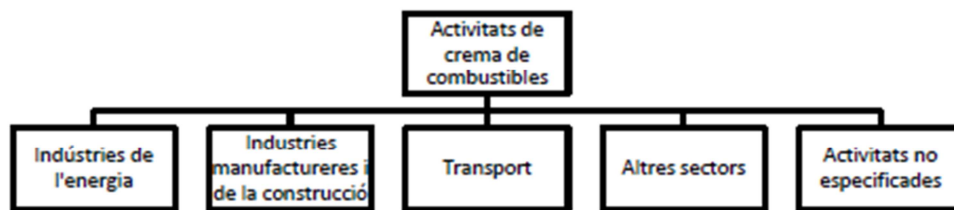
En aquest subapartat s'exposen les fonts de les quals han estat extretes aquestes dades, així com què té en compte cadascuna d'elles per arribar als valors que finalment són publicats. Per a un anàlisi més exhaustiu dels motius que porten a escollir una referència i no una altra, així com per a la visualització de comparacions entre diverses fonts, es pot veure el segon capítol de la referència bibliogràfica [18].

### 3.2.1. Emissions de CO<sub>2</sub>

Les emissions de diòxid de carboni inclouen aquelles provinents de la crema de combustibles fòssils (majoritàriament carbó, petroli i gas). Aquestes representen més del 90 % del total d'emissions d'aquest gas d'origen antropogènic.

El Banc Mundial (WB), la UNFCCC o la IEA són exemples d'organismes que han publicat dades d'emissions de diòxid de carboni. En aquest cas, s'ha escollit com a font la IEA (*International Energy Agency*) [19] que considera exclusivament emissions de CO<sub>2</sub> procedents de la crema de combustibles fòssils.

A grans trets, les activitats responsables d'aquestes emissions són:



**Figura 12.** Activitats responsables de les emissions de CO<sub>2</sub> provinents de la crema de combustibles fòssils. Font: [18].

Les dades de la referència [19] es poden visualitzar directament als arxius del ANNEX I/Emissions CO<sub>2</sub>\_Energia\_IEA\_6 febrer 2017/CO<sub>2</sub> FC. Aquestes mateixes dades, ordenades i seleccionades per als països d'interès, també es poden observar al ANNEX II/EXCEL REFERENCIA TFG/EMISSIONS CO<sub>2</sub>.

El seu valor és expressat en Mt CO<sub>2</sub>.

### 3.2.2. Subministrament d'energia primària

El subministrament d'energia primària és habitualment referit com a TPES (*Total Primary Energy Supply*) i el seu valor, expressat en exajoules (EJ), prové del resultat de l'equació següent:

$$TPES = P + I - E - V_{TI} - A_{TI} \pm C_S \quad (\text{Eq. 7})$$

On  $P$  es refereix a la producció d'energia primària,  $I$  i  $E$  a les importacions i exportacions respectivament de recursos energètics,  $V_{TI}$  i  $A_{TI}$  al combustible subministrat a la navegacions marina i aèria respectivament, i  $C_S$  a als canvis d'estoc, és a dir, a la diferència de recursos entre el primer i l'últim dia del període considerat.

La font de les dades energètiques torna a ser la IEA [19]. Aquestes dades es poden trobar descarregades al ANNEX I/Emissions CO<sub>2</sub>\_Energia\_IEA\_6 febrer 2017/TPES PJ. També es poden trobar ordenades al ANNEX II/EXCEL REFERENCIA TFG/TPES.

### **3.2.3. Producte Interior Brut**

El Producte Interior Brut és un indicador econòmic de la riquesa generada per un territori durant un període de temps concret. Aquest pot calcular-se de maneres diverses. En aquest estudi, per tal de poder fer comparacions entre diferents països, s'utilitza el PIB-PPA (PIB amb Paritat de Poder Adquisitiu).

Aquest mètode permet una millor comparació entre les economies de diferents països, especialment si aquests tenen nivells de desenvolupament molt diferents. De forma resumida, es converteix la moneda de cada indret a una mateixa moneda, igualant en el procés la capacitat de compra de cada moneda. Una explicació detallada d'aquest procés es pot trobar de nou a la referència [18].

Donat el mètode triat, les dades s'obtenen del Banc Mundial (WB) [20], que utilitza el dòlar internacional (\$) com a unitat.

L'arxiu que conté les esmentades dades es pot visualitzar al ANNEX I/PIB PPP\_WB\_9 febrer 2017/Data. Totes elles, seleccionades per als països estudiats, es poden veure al ANNEX II/EXCEL REFERENCIA TFG/PIB PPP.

### **3.2.4. Població**

La població de cada territori està expressada en milions d'habitants. Aquesta dada ve facilitada per les Nacions Unides (UN-DESA) [11]. A més, és especialment interessant emprar aquesta font, donat que també elabora diferents previsions de població per als propers anys, fet que ajudarà a la confecció dels posteriors escenaris de futur.

Es poden trobar les dades de població al ANNEX I/Poblacio\_UN-DESA\_9 febrer 2017/ESTIMATES i d'aquestes, les necessàries per als territoris objecte d'estudi al ANNEX II/EXCEL REFERENCIA TFG/POBLACIÓ.



## 4. Anàlisi de les evolucions històriques

En aquest capítol s'analitza l'evolució històrica de les emissions de diòxid de carboni, així com dels seus quatre factors conductors segons la Identitat de Kaya. El període de temps històric considerat és el que va des de l'any 1990 fins al 2014 (últim any de disponibilitat de dades en el moment de la descàrrega d'aquestes).

Val a dir que les gràfiques mostrades en aquest i els posteriors capítols són en la seva totalitat d'elaboració pròpia si no s'indica el contrari. Únicament es prenen d'altres fonts les dades històriques ja esmentades al capítol anterior.

### 4.1. Metodologia de càlcul

Com ha estat comentat ja en diverses ocasions, la Identitat de Kaya (Eq. 1) serà el fil conductor de la metodologia de càlcul emprada. Per poder aplicar-la, no es treballarà amb les dades directament obtingudes de les fonts del capítol previ, sinó que s'utilitzaran els factors conductors que resulten d'operar amb aquestes dades. Aquests factors conductors són la intensitat de carboni (Eq. 3), la intensitat energètica (Eq. 4), el PIB per càpita (Eq. 5) i la pròpia població.

Els resultats d'aplicar les equacions referenciades es poden observar al ANNEX II/EXCEL REFERENCIA TFG/I. Carboni, ANNEX II/EXCEL REFERENCIA TFG/I. Energètica i ANNEX II/EXCEL REFERENCIA TFG/PIB per càpita. D'ara en endavant, aquests paràmetres, juntament amb la mateixa població, seran els utilitzats en tots els càlculs.

#### 4.1.1. Normalització de valors

Un dels càlculs que permet visualitzar millor com evolucionen les pròpies emissions, així com cadascun dels factors conductors, és la normalització de valors. Consisteix en dividir el valor anual del factor que s'estigui normalitzant entre el seu mateix valor a l'any inicial (1990 en aquest cas). D'aquesta manera, la seva representació gràfica permet que cada magnitud parteixi d'un mateix valor i així, observar quins factors conductors augmenten, quins disminueixen i en quina proporció ho fan.

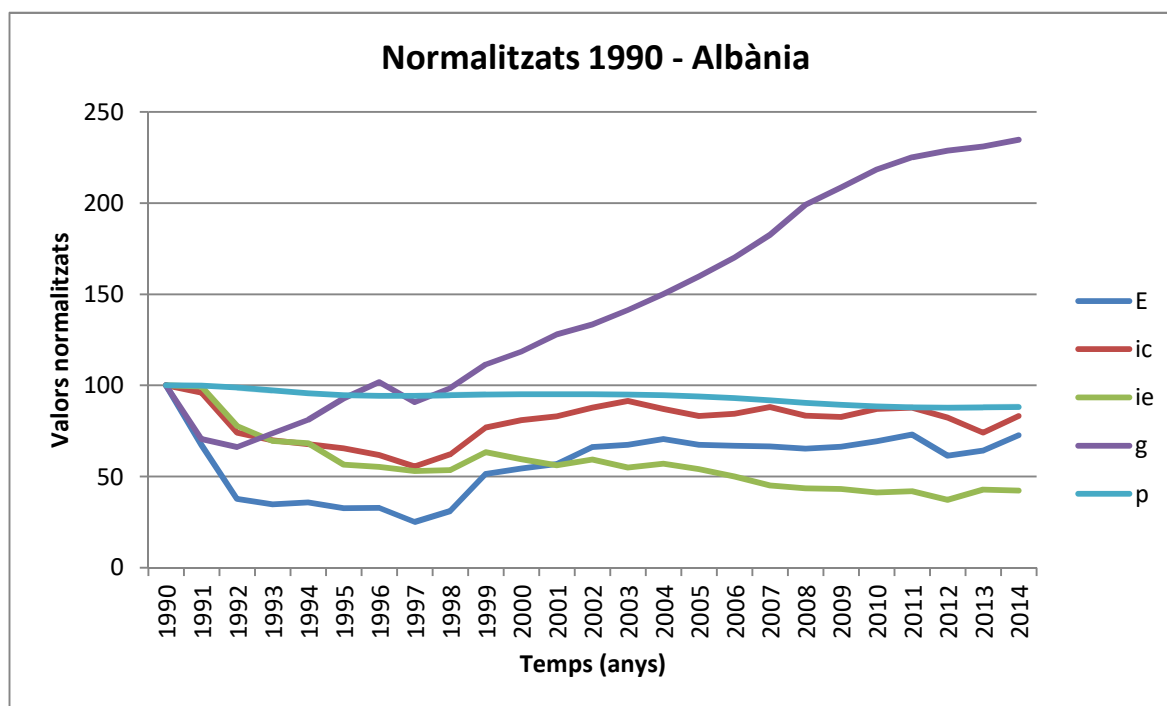
La fórmula matemàtica utilitzada és la següent:

$$X_{NORM any Y} = \frac{X_{any Y}}{X_{any 1990}} \quad (\text{Eq. 8})$$

Essent  $X$  el factor conductor que es vol normalitzar i  $Y$  l'any del valor que s'està normalitzant.

Tots els països estudiats tenen el seu anàlisi numèric normalitzat de l'històric al ANNEX II/EXCEL REFERENCIA TFG/*factor conductor* Norm. 1990 i la seva representació gràfica al seu arxiu propi al ANNEX III/*nom país/nom país* NORM.

Com a exemple, es mostra l'anàlisi gràfic normalitzat d'Albània:



**Figura 13.** Evolució històrica de les emissions i els factors conductors normalitzada al 1990 a Albània.

Com es veu, és fàcilment apreciable que el PIB per càpita presenta un augment molt important, que la població presenta un decreixement molt lleu, que les intensitats de carboni i energètica presenten una baixada als anys 90, però després s'estabilitzen i que, finalment, les emissions es redueixen també a la dècada del 90 i tot seguit, pugen i es mantenen pràcticament constants.

#### 4.1.2. Taxes de variació

Una altra manera que facilita molt la visualització de l'evolució històrica de qualsevol magnitud és calculant la taxa de variació d'aquesta magnitud en diferents intervals del període de temps estudiat. En aquest cas, s'han seleccionat períodes de temps de cinc anys.

L'expressió matemàtica emprada és la següent:

$$r (\%) = \left[ \left( \frac{x(t_f)}{x(t_i)} \right)^{\frac{1}{(t_f-t_i)}} - 1 \right] \cdot 100 \quad (\text{Eq. 9})$$

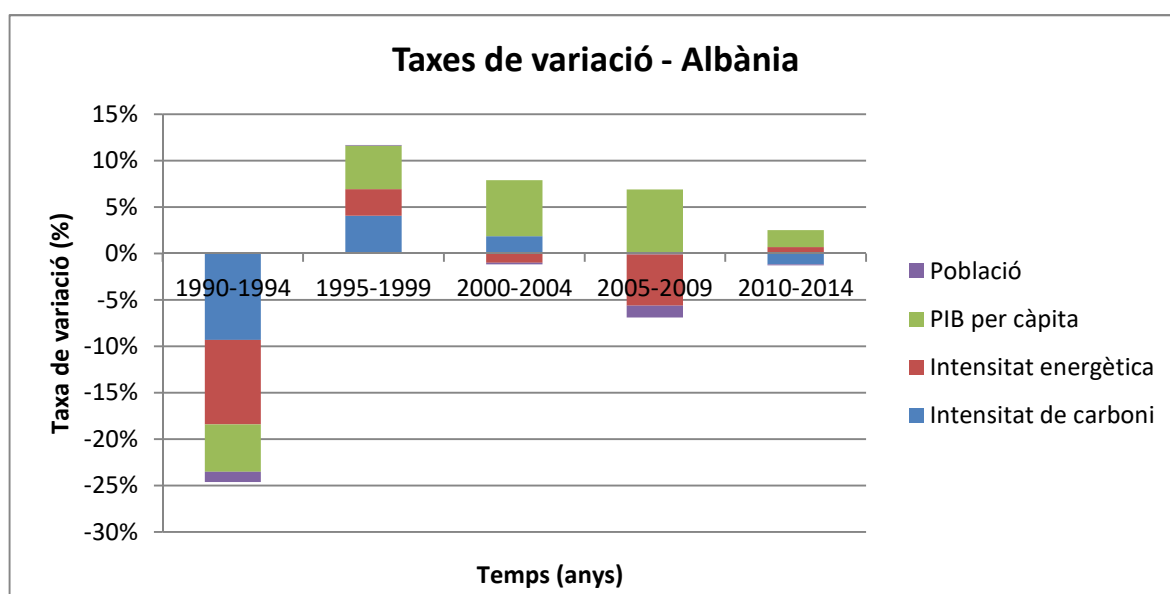
Respecte a la taxa de variació de les emissions, aquesta es pot calcular a partir del propi històric d'emissions com qualsevol dels altres factors o bé, fent ús de la suma de taxes (Eq. 6). D'ambdues maneres, el resultat ha de ser molt semblant.

Es torna a mostrar l'exemple d'Albània, que confirma la semblança suposada:

Taxes de variació	1990-1994	1995-1999	2000-2004	2005-2009	2010-2014
E	-22,63%	12,13%	6,77%	-0,39%	1,20%
ic	-9,30%	4,07%	1,85%	-0,12%	-1,17%
ie	-9,10%	2,86%	-1,02%	-5,51%	0,67%
g	-5,12%	4,67%	6,06%	6,89%	1,83%
p	-1,09%	0,07%	-0,15%	-1,26%	-0,11%
E = ic + ie + g + p	-24,61%	11,67%	6,75%	0,00%	1,22%

**Taula 5.** Resultat analític de les taxes de variació històriques de les emissions i dels factors conductors a Albània.

Si es representen aquestes variacions gràficament:



**Figura 14.** Taxes de variació històriques dels factors conductors a Albània.

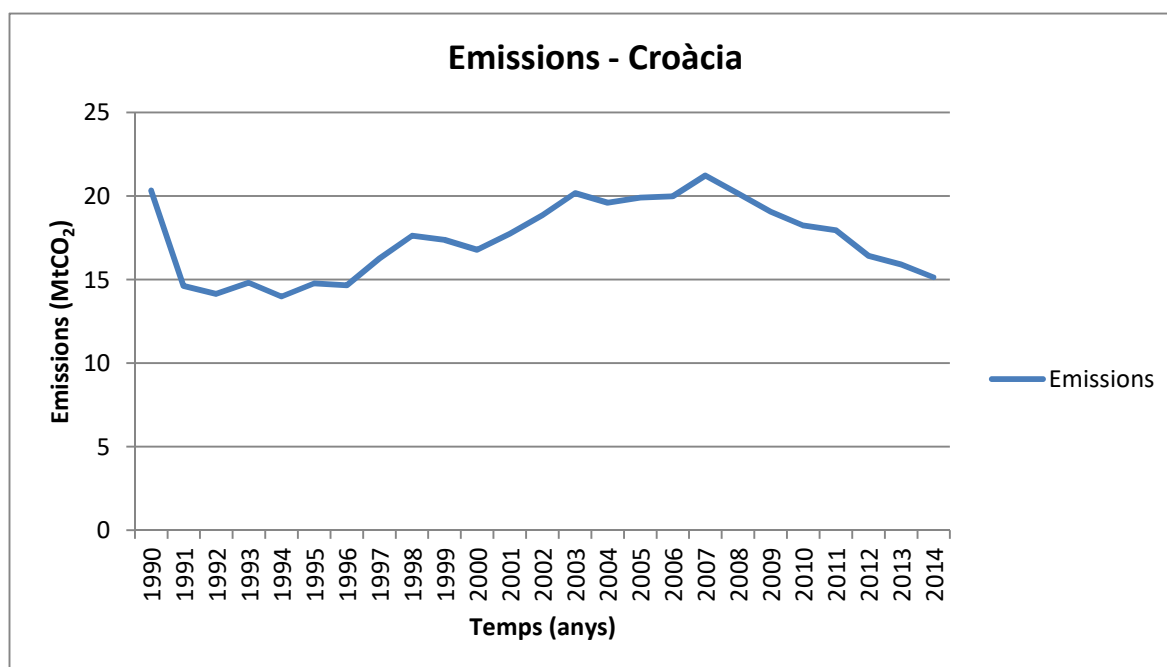
Les conclusions que es poden extreure són les mateixes que en els resultats normalitzats, però en aquest cas, es pot veure més detalladament què succeeix en cada interval del període amb cada factor conductor.

El càlcul i la representació de totes les taxes de variació per a tots els territoris es pot trobar al ANNEX II/EXCEL REFERENCIA TFG/*nom país* i al ANNEX III/*nom país/nom país*.

## 4.2. Evolució històrica de les emissions

Tot i la presentació de dos mètodes diferents de càlcul per a millorar la visualització de les dades històriques i l'extracció de conclusions associada, tots els països tenen també representada l'evolució d'emissions en una gràfica temporal i la dels seus corresponents factors en gràfiques independents al ANNEX III/*nom país/nom país*.

Com a exemple, es mostra l'evolució històrica d'emissions de Croàcia:



**Figura 15.** Evolució històrica de les emissions a Croàcia.

Aquesta gràfica és especialment interessant ja que mostra un enorme descens d'emissions durant els dos primers anys i una estabilització en un valor força baix durant la dècada del 90. Aquest perfil ve donat molt probablement per la desaparició de la Unió Soviètica al 1991 [21], que tenia influència sobre aquest país, així com pel desmembrament de l'antic estat de Iugoslàvia [14], del qual formava part Croàcia.

Aquest tipus de corba també es pot apreciar en un altre país que era membre de Iugoslàvia i que va tenir una forta influència soviètica, com és Bòsnia i Hercegovina, on aquest efecte és encara molt més marcat:



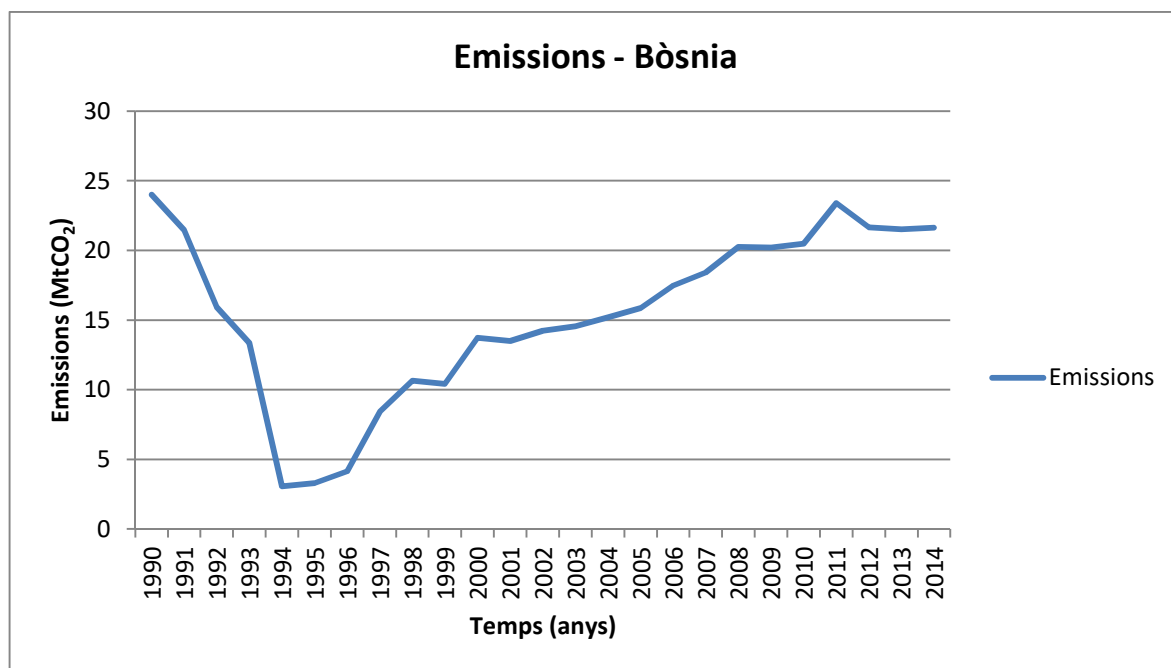


Figura 16. Evolució històrica de les emissions a Bòsnia i Hercegovina.

Un altre dels successos de gran influència sobre la trajectòria de les emissions és la crisi econòmica a nivell mundial iniciada al 2008 [22]. L'efecte d'aquesta crisi es veu reflectit en quasi tots els territoris d'una manera o altra, però és especialment influent a Grècia, un estat que va patir aquest conflicte de forma important:

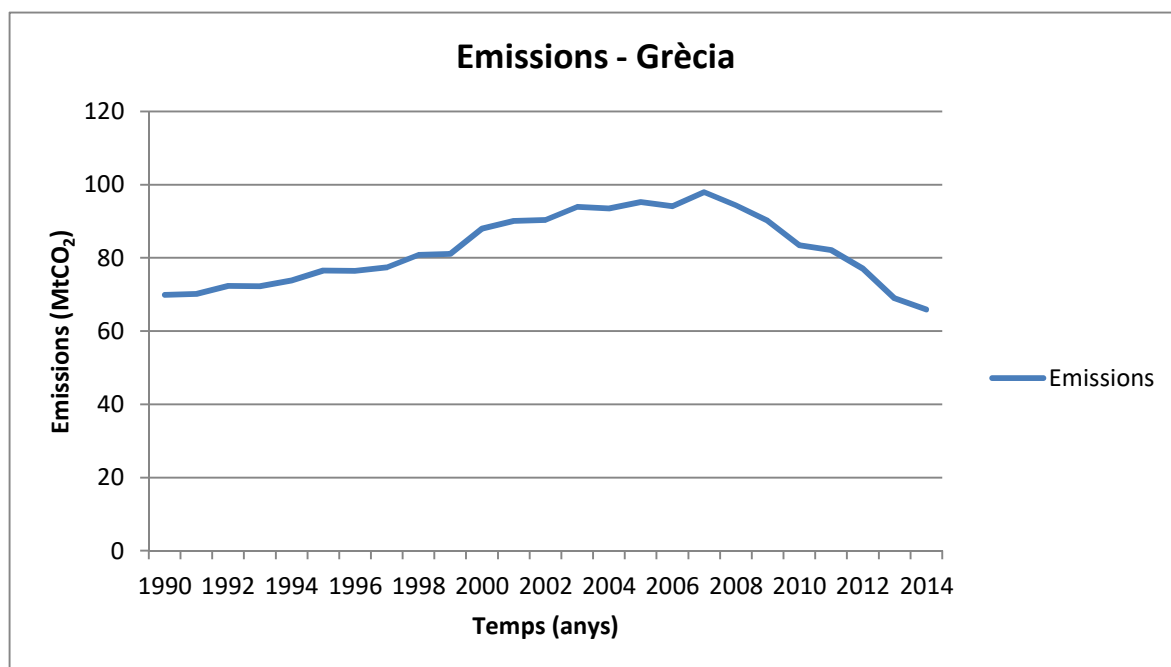


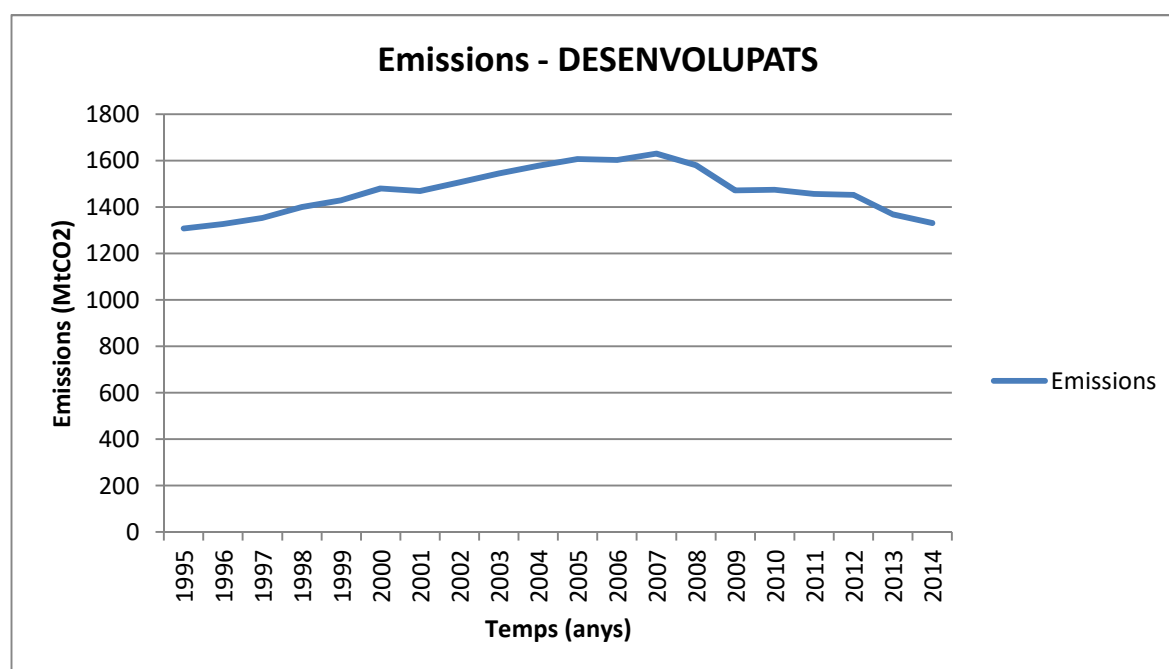
Figura 17. Evolució històrica de les emissions a Grècia.

S'observa clarament que el fre radical al desenvolupament de la seva economia va fer reduir dràsticament les emissions des de l'inici de l'esmentada crisi. Aquest efecte és també visible, tot i que de manera menys accentuada a altres països desenvolupats d'Europa com França o Espanya.

És molt útil per a l'extracció de conclusions la separació en els blocs de països agregats comentats al capítol 3.1.3 d'aquest mateix document. Els històrics dels agregats de països es poden observar al ANNEX IV/AGREGATS HISTORIC + BAU/*nom bloc de països*.

Aquests han estat calculats mitjançant la suma directa d'emissions anuals dels països membres de cada bloc agregat.

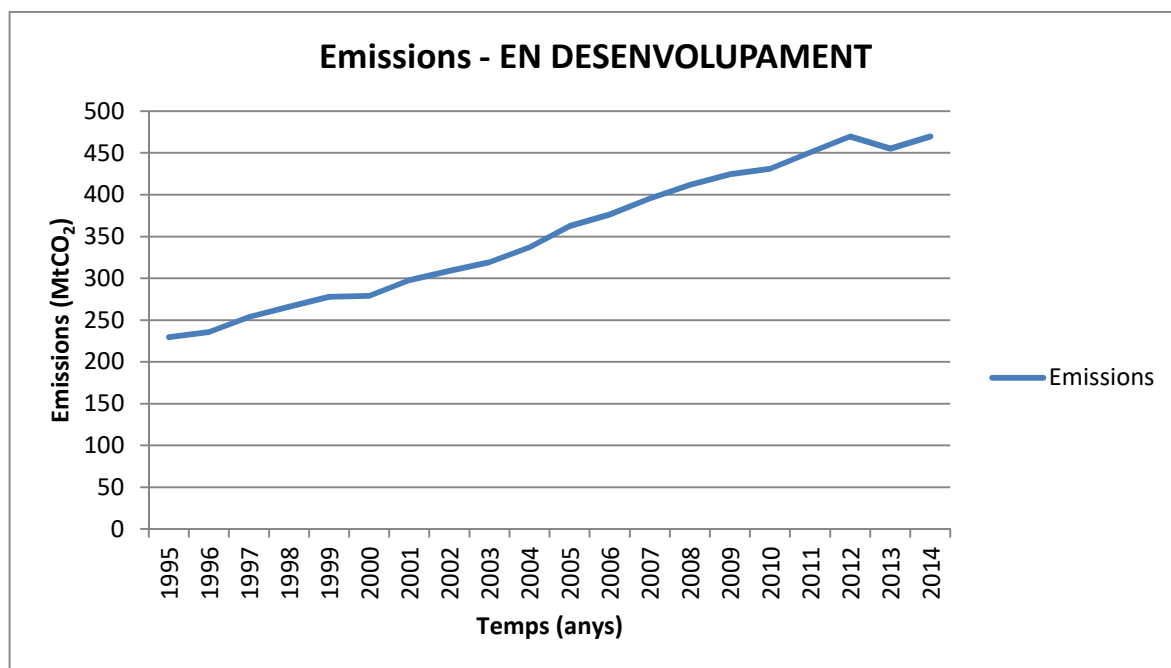
A continuació es poden visualitzar les emissions del conjunt dels països desenvolupats:



**Figura 18.** Evolució històrica de les emissions als països desenvolupats.

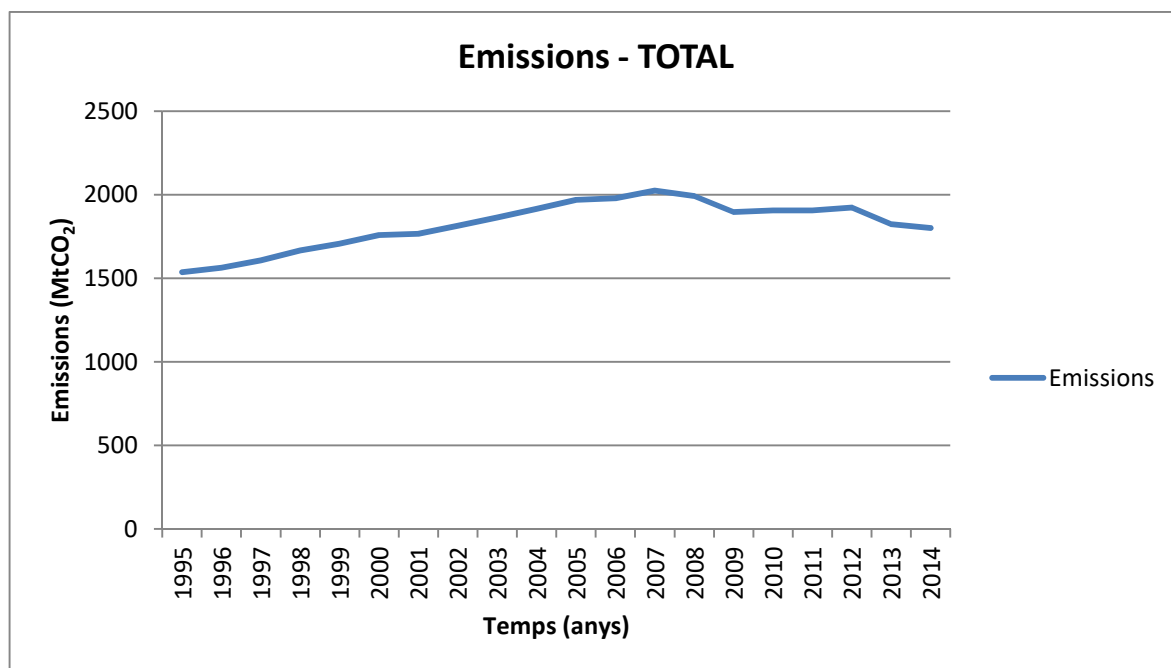
Es pot deduir que presenten un creixement constant fins a l'inici de la crisi financer del 2008, moment en el qual es produeix un estancament i una posterior reducció d'emissions.

Pel contrari, es pot visualitzar a la propera gràfica que les emissions al conjunt de països en desenvolupament mantenen un creixement constant i més accelerat que els desenvolupats, tot i que són unes tres vegades inferiors a les d'aquests, i que no noten els efectes de la crisi. Les emissions continuen en augment durant tot el període històric analitzat.



**Figura 19.** Evolució històrica de les emissions als països en desenvolupament.

Si s'observen, per últim, les emissions a tot el conjunt dels països de la conca mediterrània, es pot concloure una tendència que es manté en tots els anàlisis dels agregats: la característica del total de països sempre s'aproxima molt més a la forma dels països desenvolupats que als que es troben en desenvolupament. Això significa que els desenvolupats tenen més pes sobre el conjunt de la conca mediterrània.

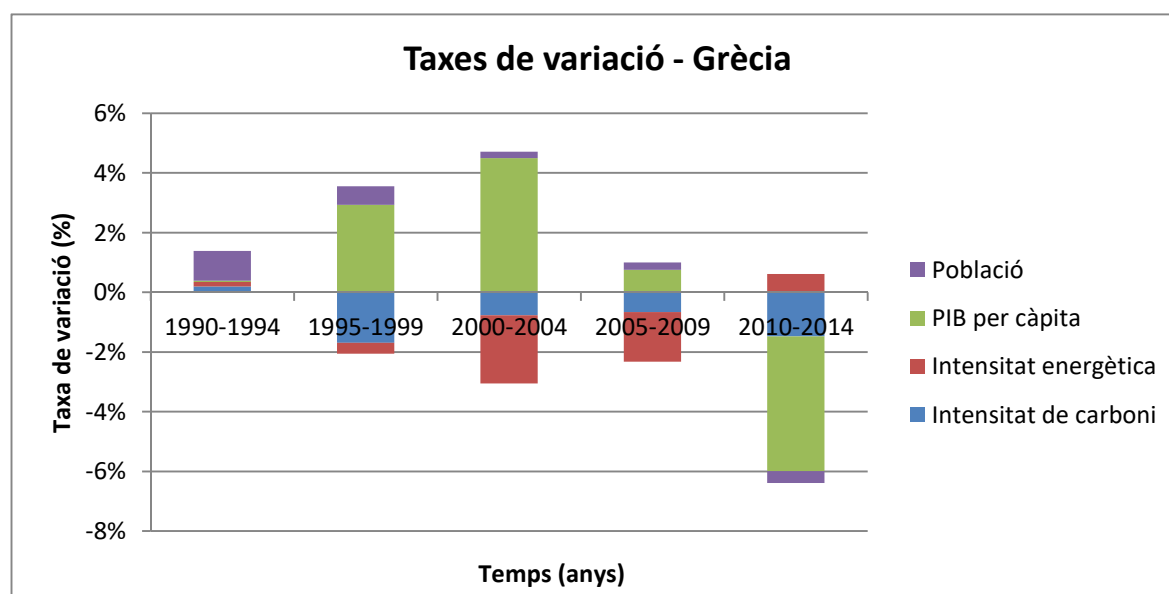


**Figura 20.** Evolució històrica de les emissions als països de la conca mediterrània.

### 4.3. Evolució històrica dels factors conductors

Les evolucions d'emissions mostrades al punt anterior venen donades per l'evolució de cadascun dels quatre factors conductors considerats. En aquest cas, tot i que es pot mostrar la corba temporal de l'evolució de cada factor, pot ser més clarificador visualitzar taxes de variació. Totes les figures es troben al ANNEX III/nom país/nom país.

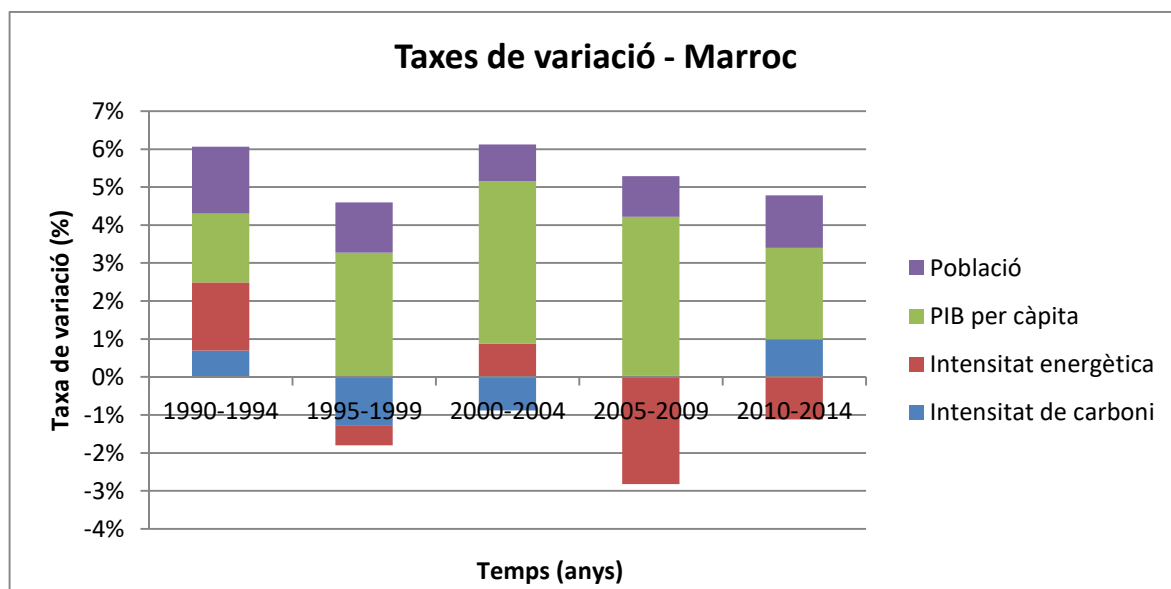
Sí que es pot analitzar amb deteniment el cas de Grècia:



**Figura 21.** Taxes de variació històriques dels factors conductors a Grècia.

Aquest és un exemple molt clar. Durant l'augment d'emissions que hi ha fins a la crisi del 2008, el factor conductor que augmenta dràsticament és el PIB per càpita. A l'interval entre els anys 2005 i 2009, on es troba el punt d'inflexió, els factors que augmenten i els que disminueixen pràcticament es compensen. A partir del 2010, les emissions es redueixen i, de nou, el factor que clarament més influeix és el PIB per càpita, que presenta un decreixement radical.

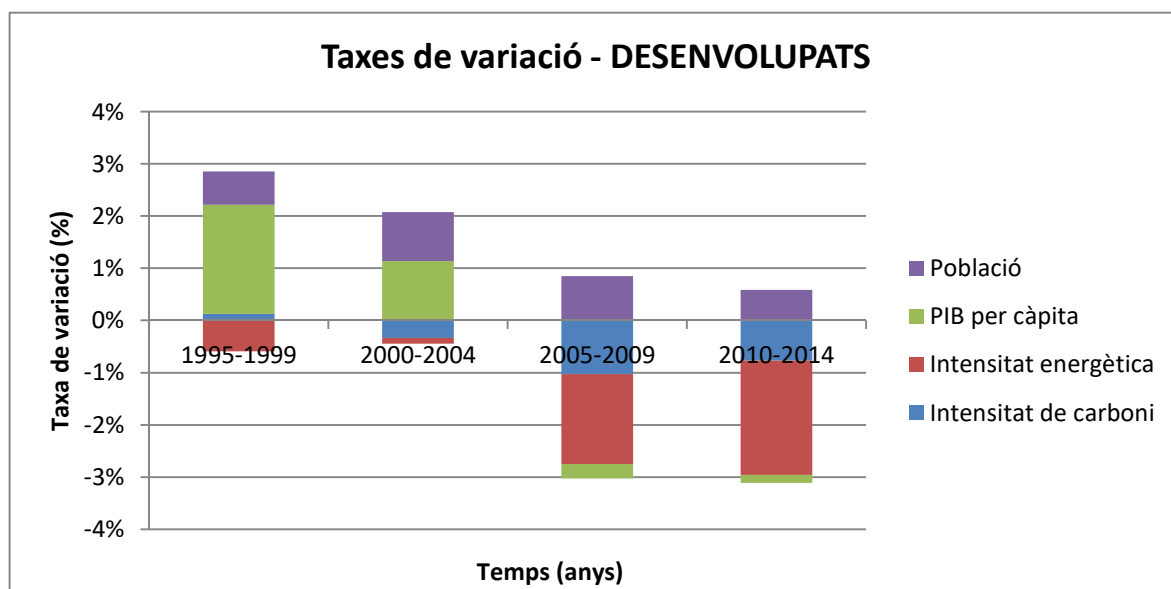
Si es mira la mateixa representació gràfica aplicada a un país en desenvolupament, la situació és molt diferent:



**Figura 22.** Taxes de variació històriques dels factors conductors al Marroc.

En aquest cas les taxes de creixement (o de decreixement) es mantenen sense canvis dràstics, amb unes emissions que es troben en constant creixement (doncs la taxa de variació total sempre és positiva). De nou, el factor conductor que més influeix en la tendència de les emissions és el PIB per càpita, que és el que més creix.

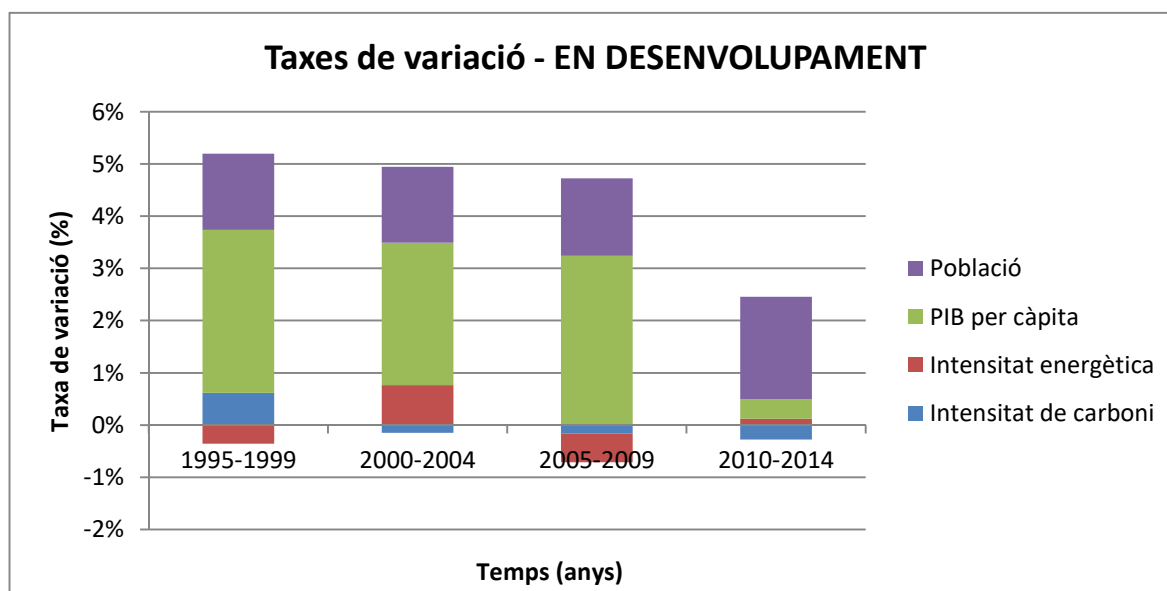
De nou, l'efecte de l'evolució de cada factor es pot traslladar als agregats de països. Aquests gràfics es poden visualitzar al ANNEX IV/AGREGATS HISTORIC + BAU/*nom bloc de països*.



**Figura 23.** Taxes de variació històriques dels factors conductors als països desenvolupats.

La tendència general dels països desenvolupats durant l'històric ha estat la de reduir emissions durant la segona meitat del període. Aquí es confirma que el PIB per càpita passa de créixer molt ràpidament a reduir-se lleugerament. Les intensitats de carboni i energètica, que ja estaven en procés de decreixer, ho continuen fent, però de manera més accelerada. D'aquesta manera, l'únic factor que continua en augment és la població, fet que demostra la reducció d'emissions que es produeix arrel de la crisi econòmica en aquest agregat de països.

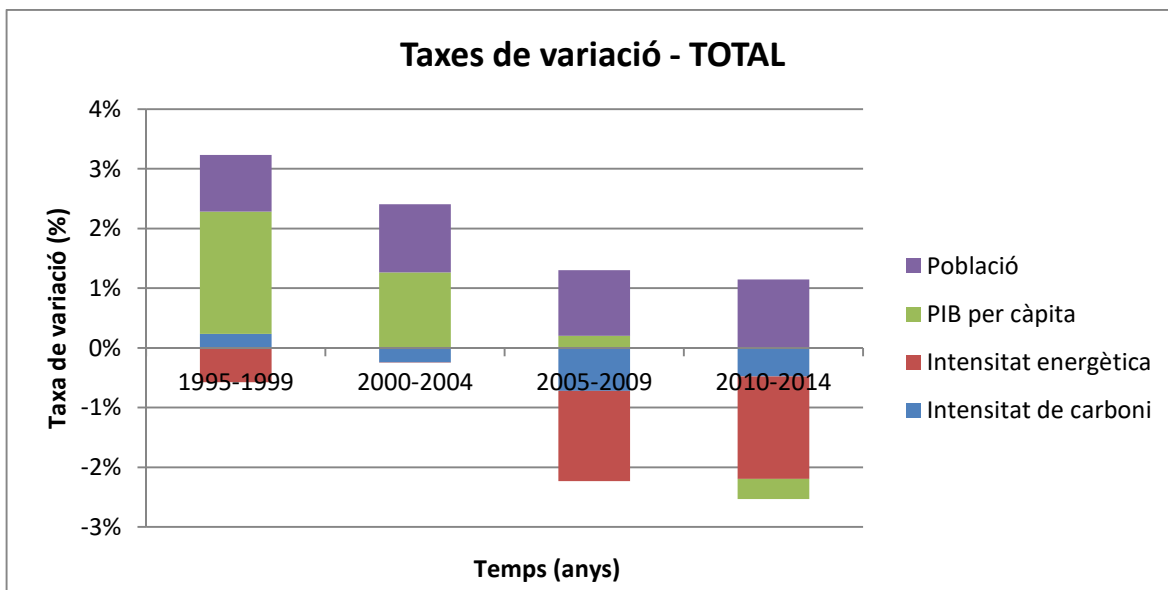
Si es visualitza ara el conjunt de països en desenvolupament, les intensitats de carboni i energètica es mantenen gairebé constants, mentre que la població té un creixement continu. Ara bé, el gran contrast amb els desenvolupats es troba en el PIB per càpita. Aquest, tot i que en l'últim interval perd acceleració de creixement per un mínim efecte de la crisi econòmica, augmenta contínuament. Les emissions, per tant, sí que experimenten una frenada en el seu increment, però en cap cas s'arriben a estabilitzar ni a reduir.



**Figura 24.** Taxes de variació històriques dels factors conductors als països en desenvolupament.

Per últim, si s'observa l'evolució dels factors sobre el conjunt de tots els països, es conclou de nou que els desenvolupats marquen la tendència del conjunt total, que sempre s'apropa més a aquests que no pas als països en desenvolupament, donat que les emissions dels primers són de l'ordre de tres cops superiors a les dels darrers.

Cal destacar que per al càlcul dels factors conductors dels agregats s'han hagut de sumar emissions, energia primària, PIB i població per separat i amb els seus valors totals, operar per a calcular els nous factors. La suma dels factors directament no dona lloc al factor de l'agregat donat que es tracta de quocients entre altres magnituds.



**Figura 25.** Taxes de variació històriques dels factors conductors als països de la conca mediterrània.





## 5. Escenaris de futur “business as usual”

Les principals conclusions del treball es poden extreure de l'anàlisi de les previsions de futur d'emissions (i dels seus corresponents factors conductors segons la Identitat de Kaya). Aquestes previsions es basen en l'elaboració d'escenaris de futur.

En aquest estudi es treballa amb dos tipus d'escenaris de futur: els escenaris BAU (de l'anglès, *Business As Usual*) i els escenaris alternatius.

Un escenari BAU és un escenari de futur que segueix les tendències d'un període històric en quant a l'evolució de les diferents magnituds que hi intervenen. Per tant, també es pot anomenar escenari tendencial.

En el present anàlisi es calculen escenaris tendencials fins a l'any 2050. Donat que l'últim any del qual es disposa de totes les dades és el 2014, s'està elaborant una predicció a 36 anys vista.

Es construeixen escenaris BAU per als factors conductors de cada país objecte d'anàlisi i, per extensió, de les emissions dels mateixos. Aquest estudi s'aplica d'igual manera per als tres agregats d'estats definits.

### 5.1. Metodologia de càlcul

En un primer moment, la metodologia de càlcul emprada va ser diferent en funció del factor conductor i del país que s'estava analitzant. A mode d'exemple, l'escenari BAU d'Albània es va construir calculant la taxa de variació mitjana entre les dels tres últims intervals de 5 anys considerats, donat que es prenen com a no fiables les dades dels primers anys. Aquest mètode era perfectament aplicable i oferia resultats que podien ser més o menys adequats. Però l'objectiu era acabar utilitzant un mètode que pogués ser aplicat independentment del país i el factor conductor projectat.

Descartat aquest mètode, finalment s'ha optat per calcular la taxa de variació interanual durant tot l'històric de dades i, seguidament, fer la mitjana aritmètica entre totes aquestes taxes, obtenint una taxa de variació mitjana interanual.

La taxa de variació interanual es calcula com:

$$\Delta X_{any Y} (\%) = \frac{X_{any Y} - X_{any Y-1}}{X_{any Y-1}} \cdot 100 \quad (\text{Eq. 10})$$

On  $X$  és el factor conductor del qual s'està calculant la seva taxa de variació i  $Y$  és l'any pel qual s'està calculant la variació interanual.

A partir d'aquesta, la taxa de variació mitjana interanual es defineix com:

$$\overline{\Delta X} = \frac{\sum \Delta X_{any Y}}{n} \quad (\text{Eq. 11})$$

On  $n$  és el nombre d'anys pels quals s'ha calculat la variació interanual.

Per últim, s'aplica la taxa calculada a l'evolució del factor conductor per a trobar el valor d'aquest anualment:

$$X_{any Y} = X_{any Y-1} \cdot (1 + \overline{\Delta X}) \quad (\text{Eq. 12})$$

La metodologia exposada serveix per a la intensitat de carboni, la intensitat energètica i el PIB per càpita. Pel que fa a la població es prenen directament les dades de previsió de població publicades per UN-DESA en el seu escenari *Medium Variant* [11].

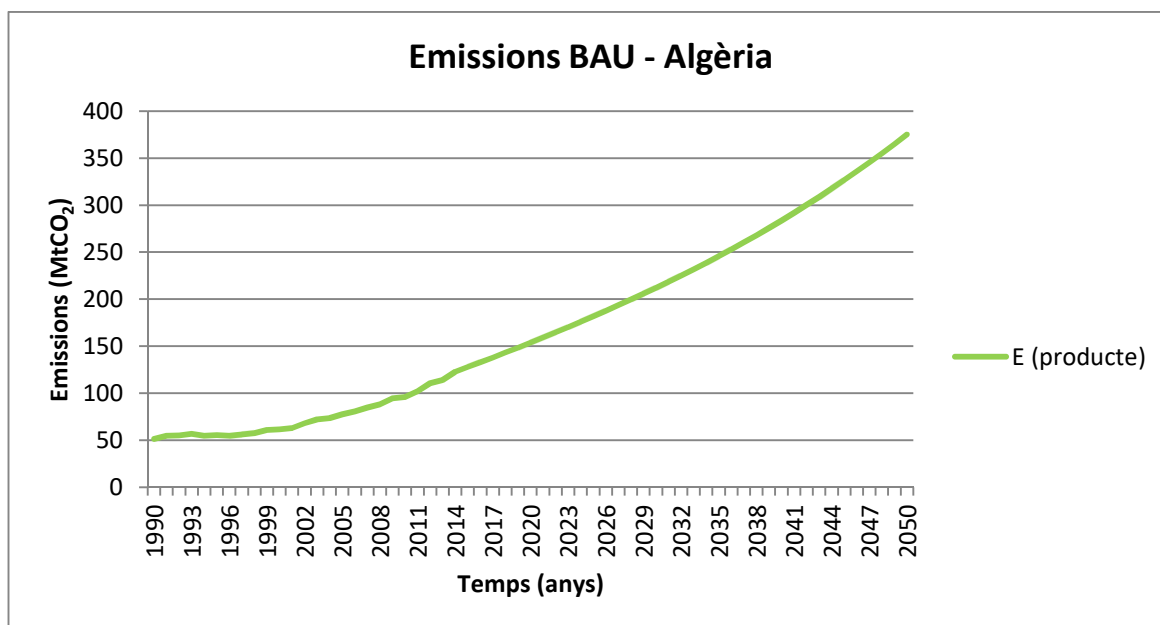
Les emissions, per la seva part, es calculen aplicant la pròpia Identitat de Kaya (Eq. 1) a partir dels quatre factors projectats.

Respecte als agregats de països, cal calcular prèviament a partir dels factors conductors projectats per als diferents països quins són els valors anuals de TPES i PIB aplicant les (Eq. 2), (Eq. 3) i (Eq. 4) de forma inversa. Les emissions i la població es poden calcular sumant directament la contribució de cada estat. Un cop obtinguts els valors d'emissions, TPES, PIB i població anuals entre els anys 2015 i 2050, es troben els valors d'intensitat de carboni, intensitat energètica i PIB per càpita per al període. D'aquesta manera, l'escenari BAU obtingut per als agregats està calculat tenint en compte la contribució de cada país.

## 5.2. Exemples d'aplicació

L'escenari BAU de cada país estudiat es pot trobar al ANNEX III/*nom país/nom país* BAU.

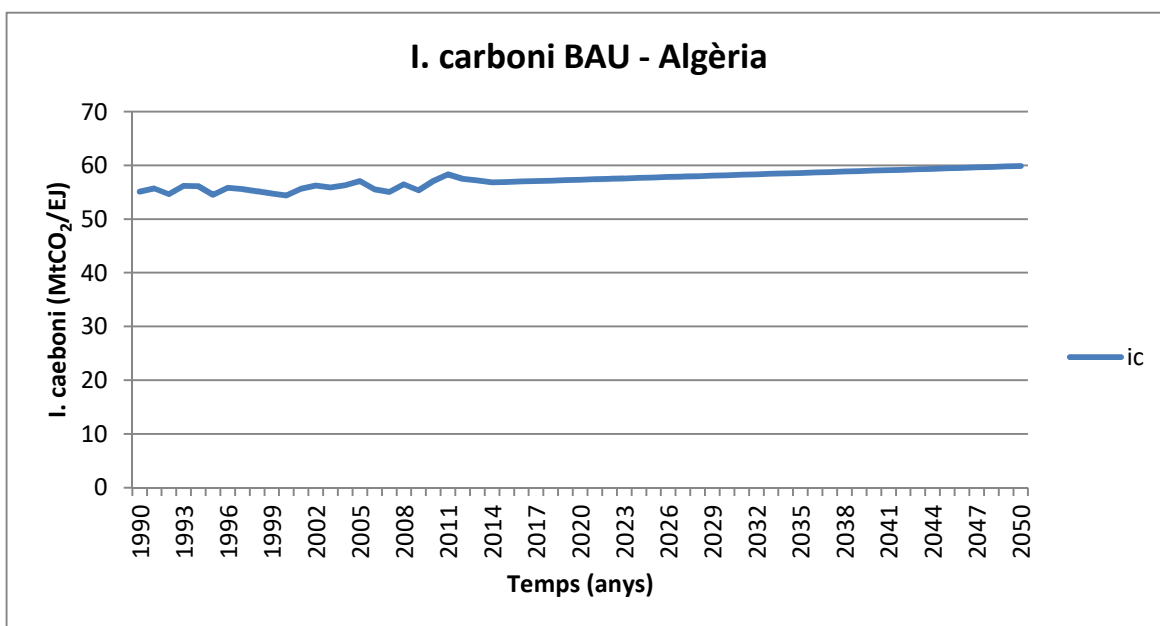
Com a exemple, es presenta el cas d'Algèria. L'històric d'emissions (com en tots els països considerats en desenvolupament) ja feia preveure un continu augment d'aquestes durant els propers anys, fet que es confirma amb l'elaboració de l'escenari tendencial:



**Figura 26.** Escenari BAU de les emissions a Algèria.

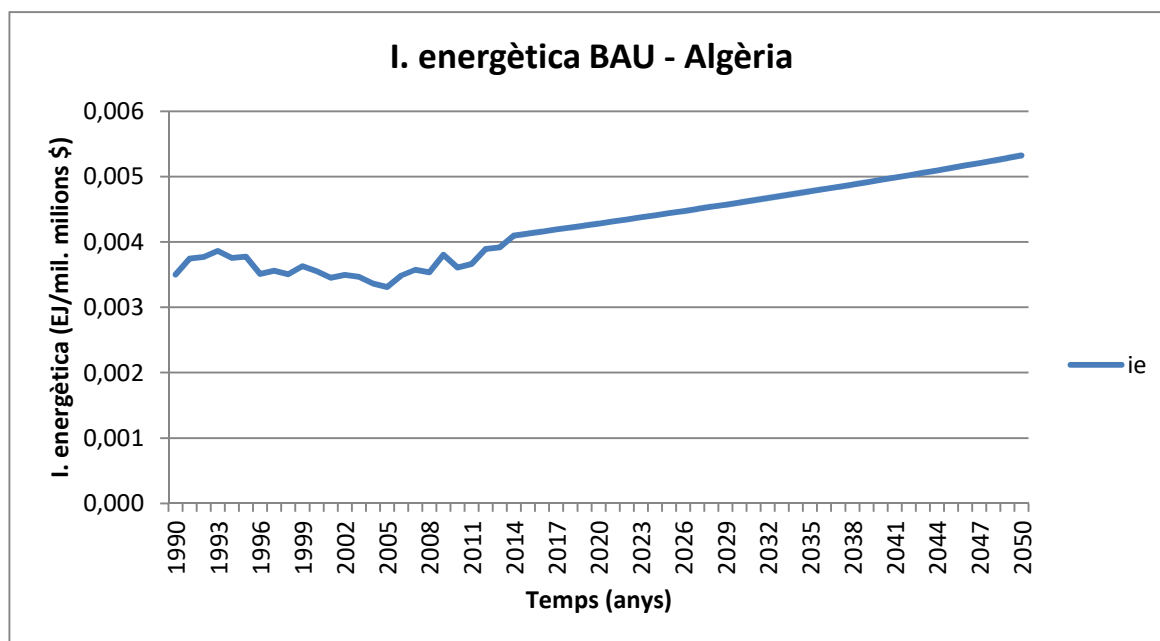
Es pot apreciar que el valor d'emissions de CO<sub>2</sub> predit per a l'any 2050 és gairebé el triple de l'última dada històrica. De fet, l'acceleració del creixement és més accentuada durant els propers anys que durant el període històric.

Com ja s'ha comentat en nombroses ocasions, hi ha quatre factors, la combinació dels quals origina aquesta evolució d'emissions. Si s'analitza el cas d'Algèria, s'observa que la intensitat de carboni experimenta un creixement molt moderat:

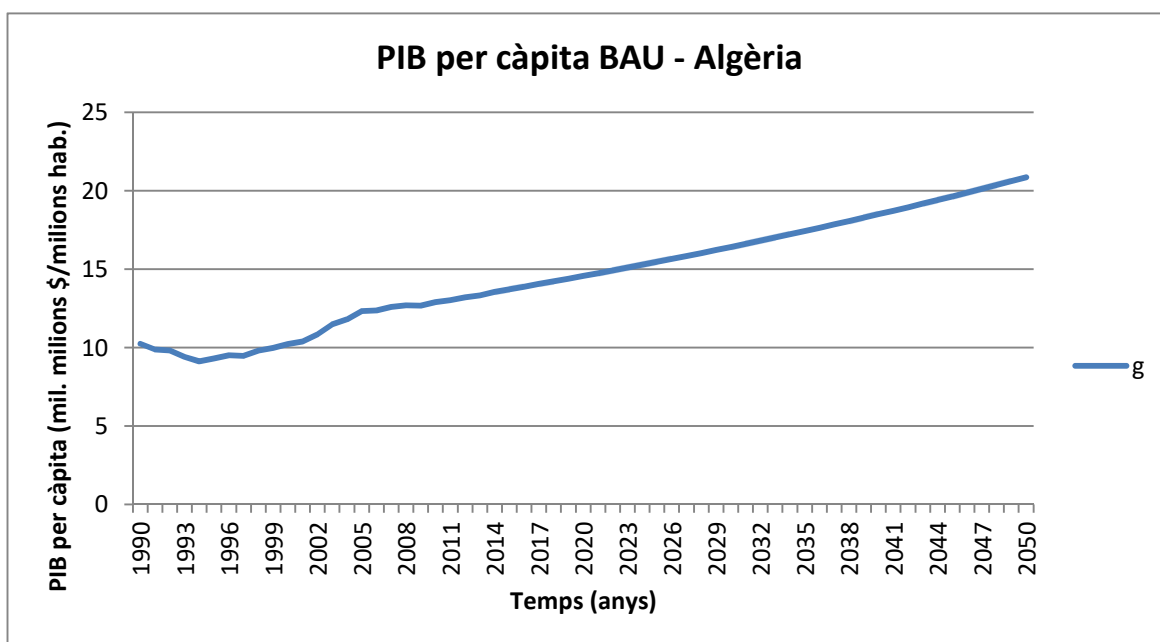


**Figura 27.** Escenari BAU de la intensitat de carboni a Algèria.

Això indica que la causa de l'increment d'emissions no es troba en l'ús de fonts d'energia amb un alt índex d'emissions, sinó que es troba en algun dels altres tres factors (o en tots tres, com és el cas):



**Figura 28.** Escenari BAU de la intensitat energètica a Algèria.



**Figura 29.** Escenari BAU del PIB per càpita a Algèria.

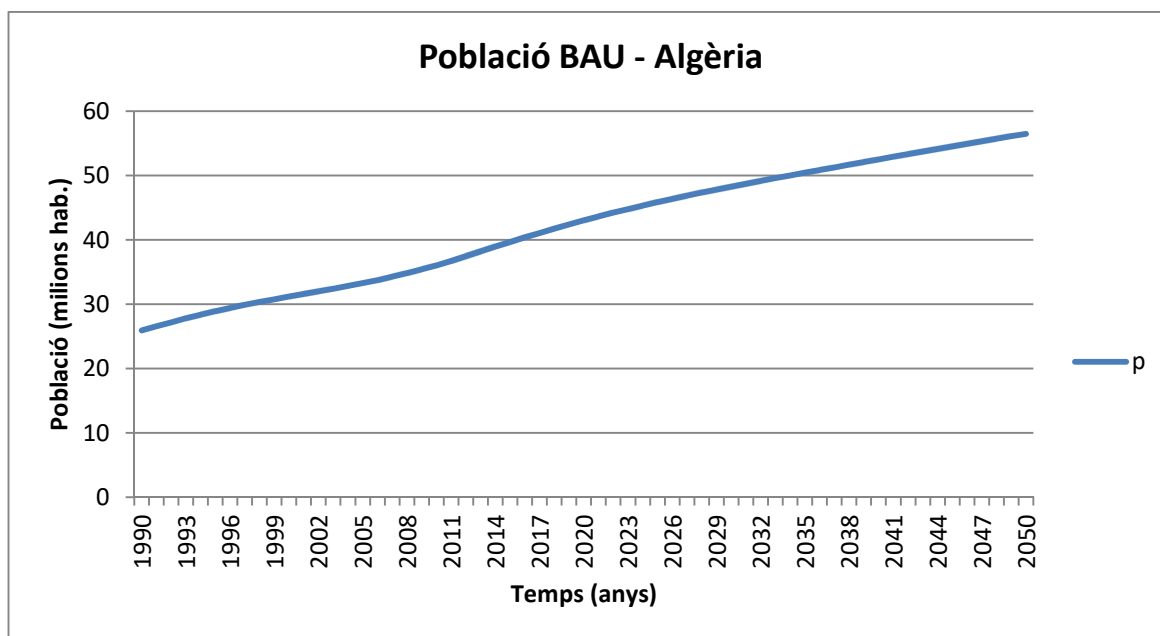


Figura 30. Escenari BAU de la població a Algèria.

Efectivament, la intensitat energètica, el PIB per càpita i la població experimenten uns augments molt importants.

L'augment lleu de la intensitat de carboni i els increments del PIB per càpita i la població són tendències generals per a tots els països en desenvolupament, però la intensitat energètica és una excepció en el cas d'Algèria, doncs mirant països com Tunísia o Jordània, l'evolució d'emissions és semblant, però presenten una disminució de la intensitat energètica:

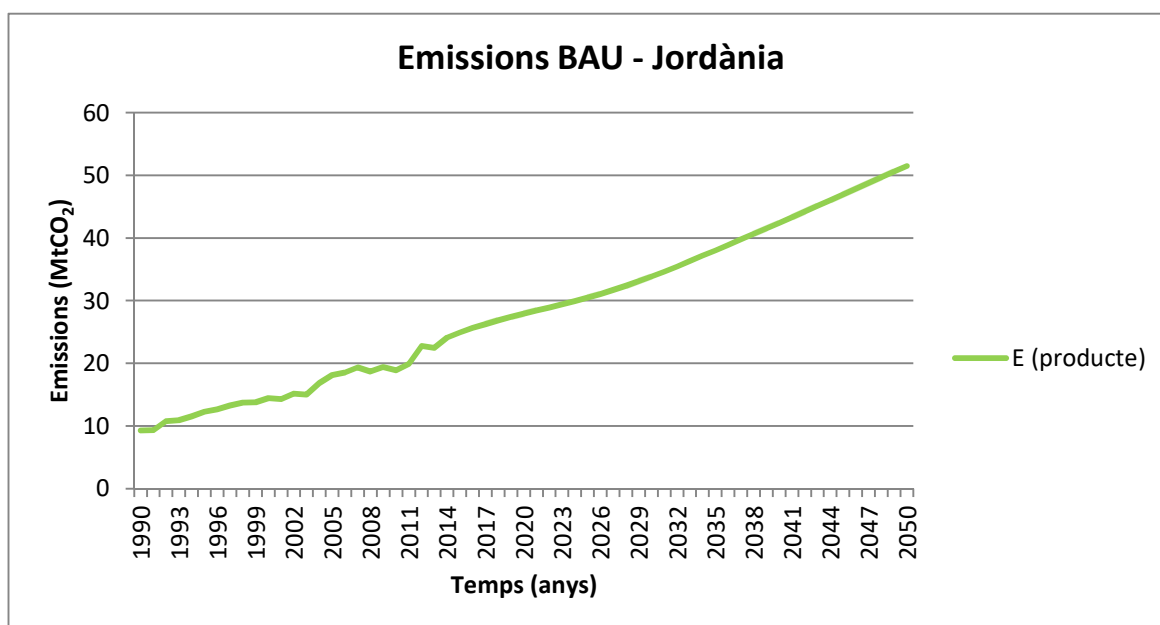
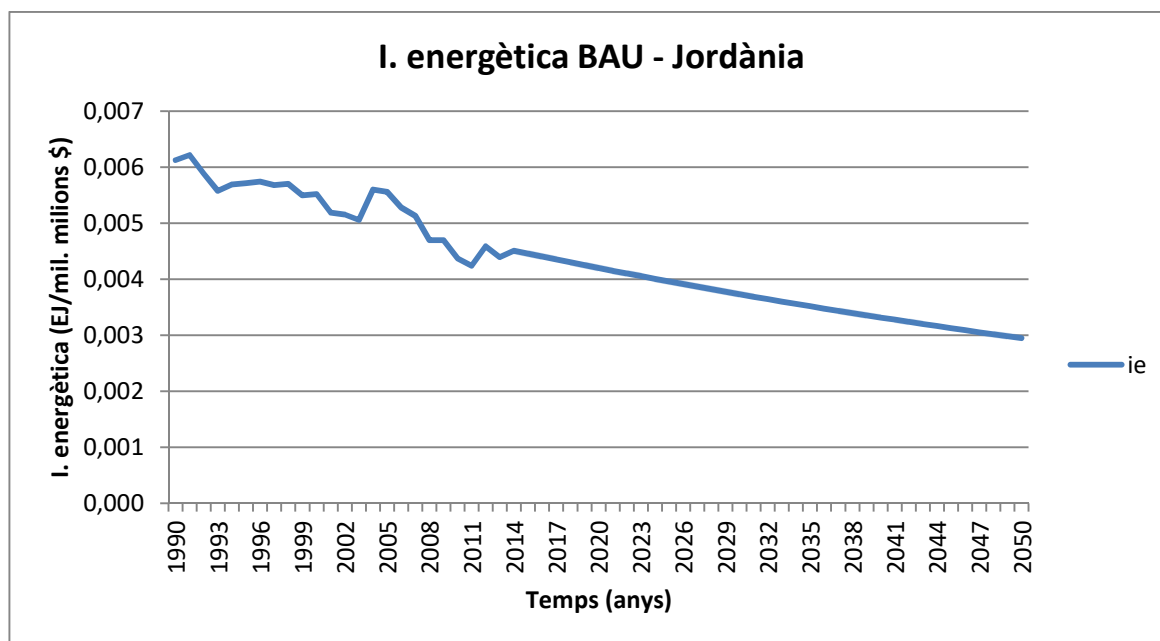
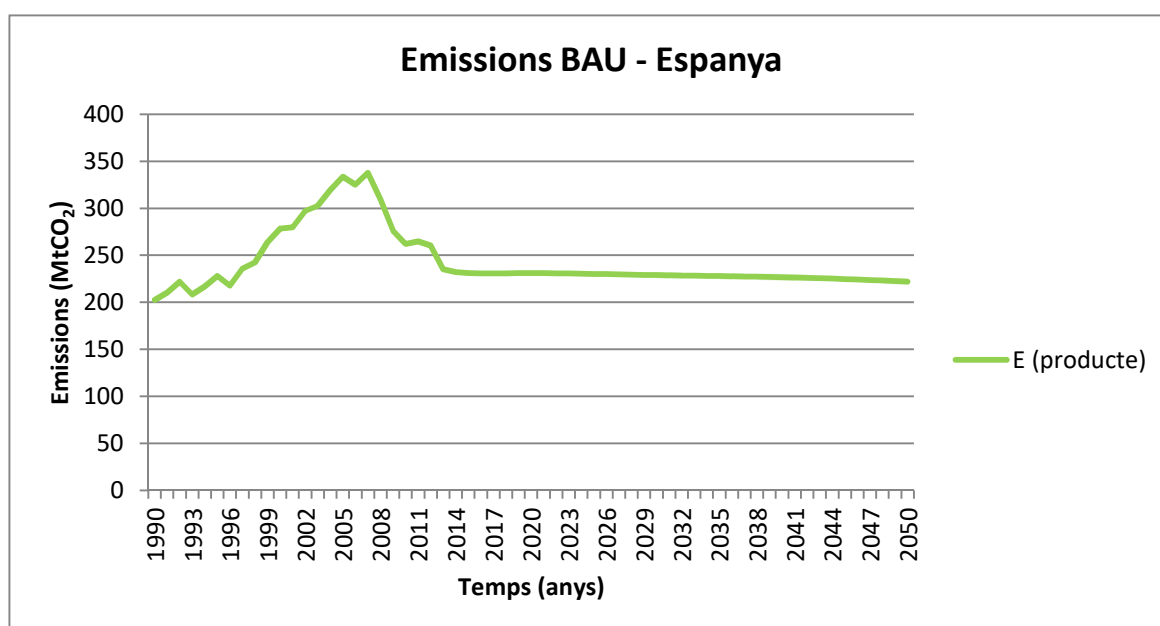


Figura 31. Escenari BAU de les emissions a Jordània.



**Figura 32.** Escenari BAU de la intensitat energètica a Jordània.

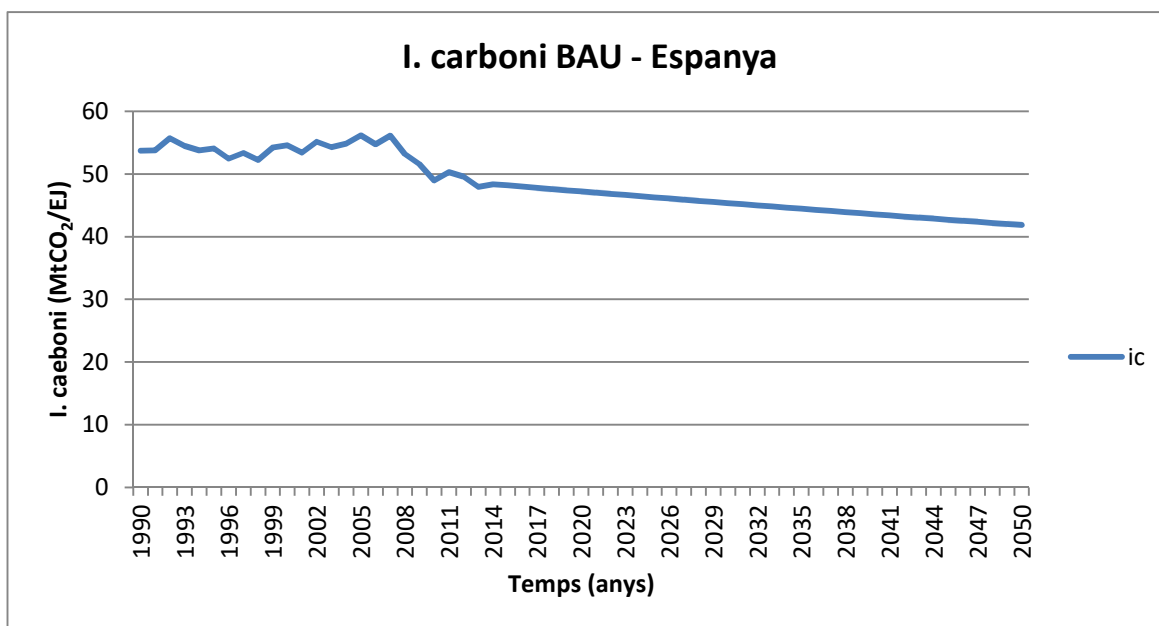
Si s'observa un país considerat com a desenvolupat, les tendències són molt diferents, marcant unes emissions que tendeixen a estabilitzar-se en un valor constant:



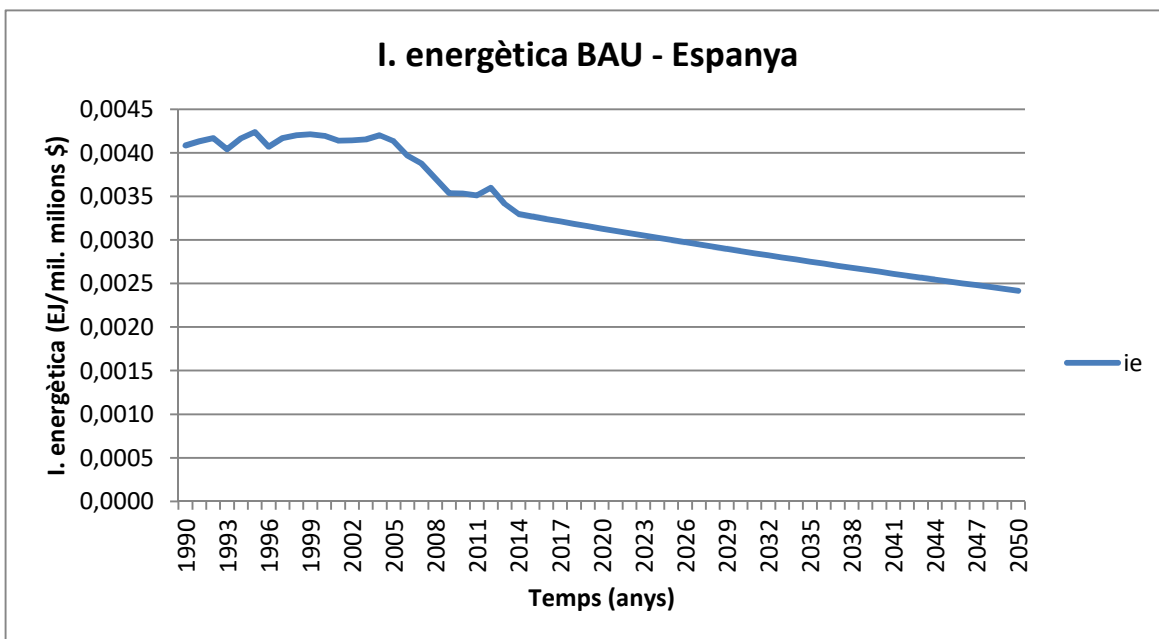
**Figura 33.** Escenari BAU de les emissions a Espanya.

Per al cas d'Espanya, les emissions de futur previstes s'estabilitzen donat que presenta un historial amb un augment durant els primers anys i una radical baixada arrel de la crisi econòmica (similar al cas de Grècia exposat al capítol anterior). Si es trasllada l'anàlisi als diferents factors conductors, la

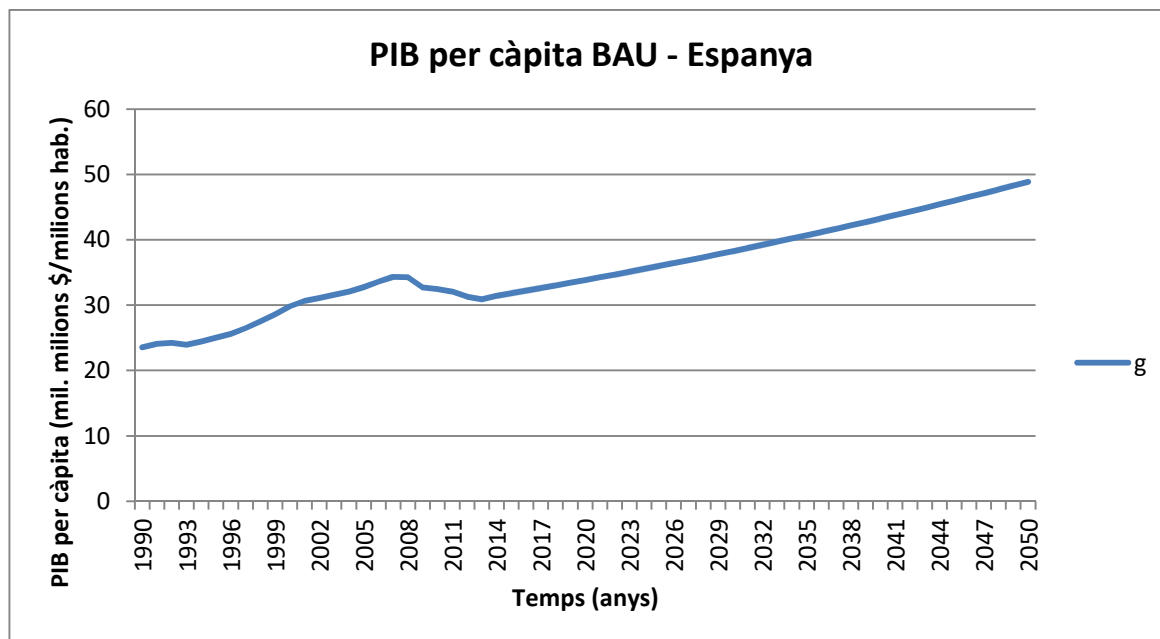
tònica general és la disminució de les intensitats de carboni i energètica, l'increment del PIB per càpita i l'estancament de la població:



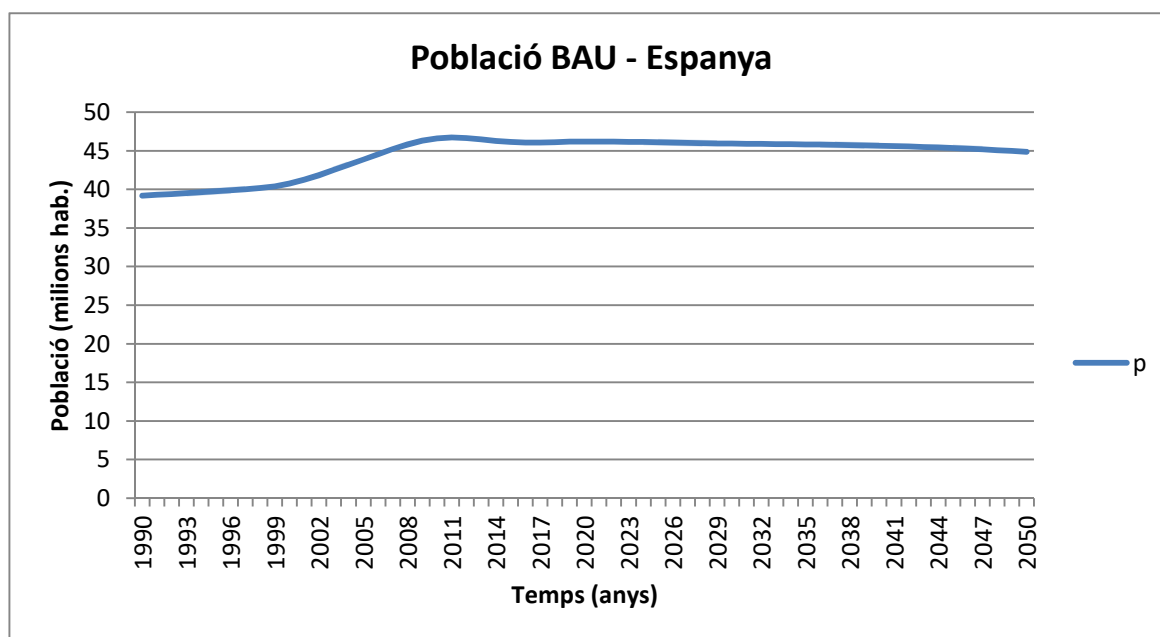
**Figura 34.** Escenari BAU de la intensitat de carboni a Espanya.



**Figura 35.** Escenari BAU de la intensitat energètica a Espanya.



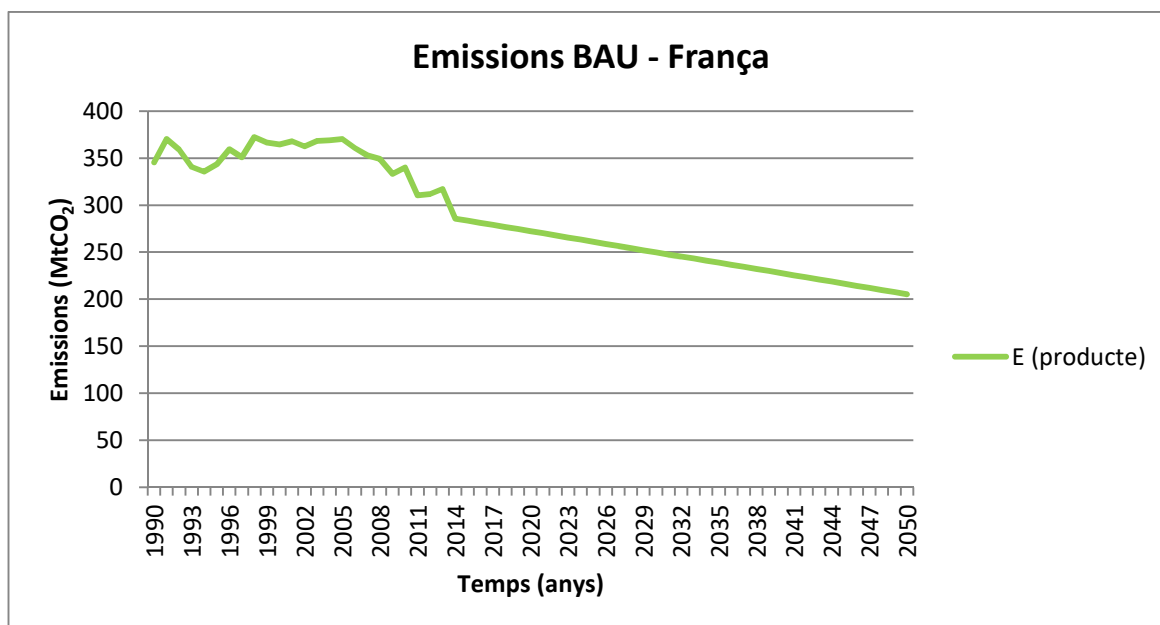
**Figura 36.** Escenari BAU del PIB per càpita a Espanya.



**Figura 37.** Escenari BAU de la població a Espanya.

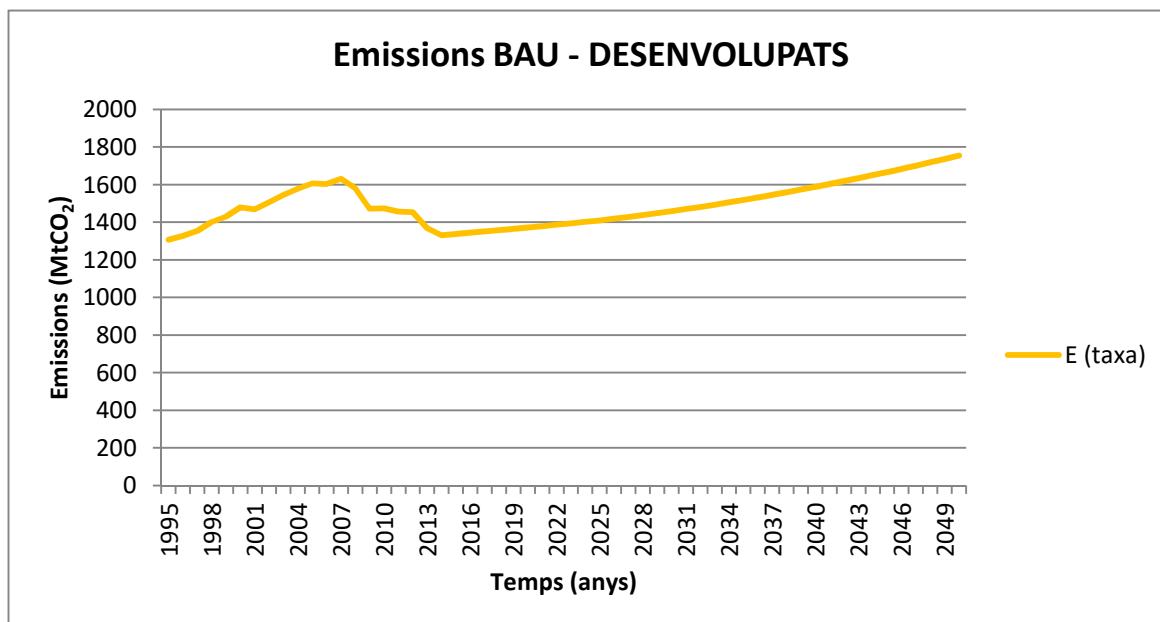
Si es veuen els casos de França o Itàlia, l'evolució prevista és molt semblant, i fins i tot hi ha un decrement:



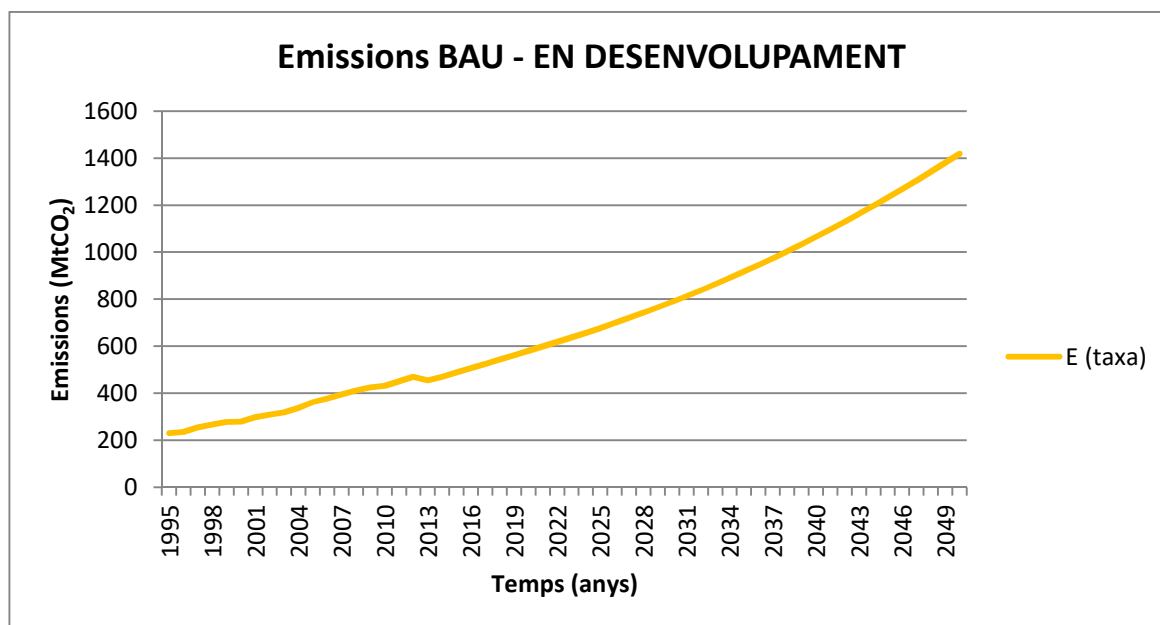


**Figura 38.** Escenari BAU de les emissions a França.

Si es trasllada aquest anàlisi als diferents agregats de països, les conclusions que se n'extreuen són les que ja es poden predir havent analitzat països de cada bloc per separat. A continuació es mostra el resultat per a les emissions. La resta de l'anàlisi es pot veure al ANNEX IV/AGREGATS HISTORIC + BAU/nom bloc de països BAU.



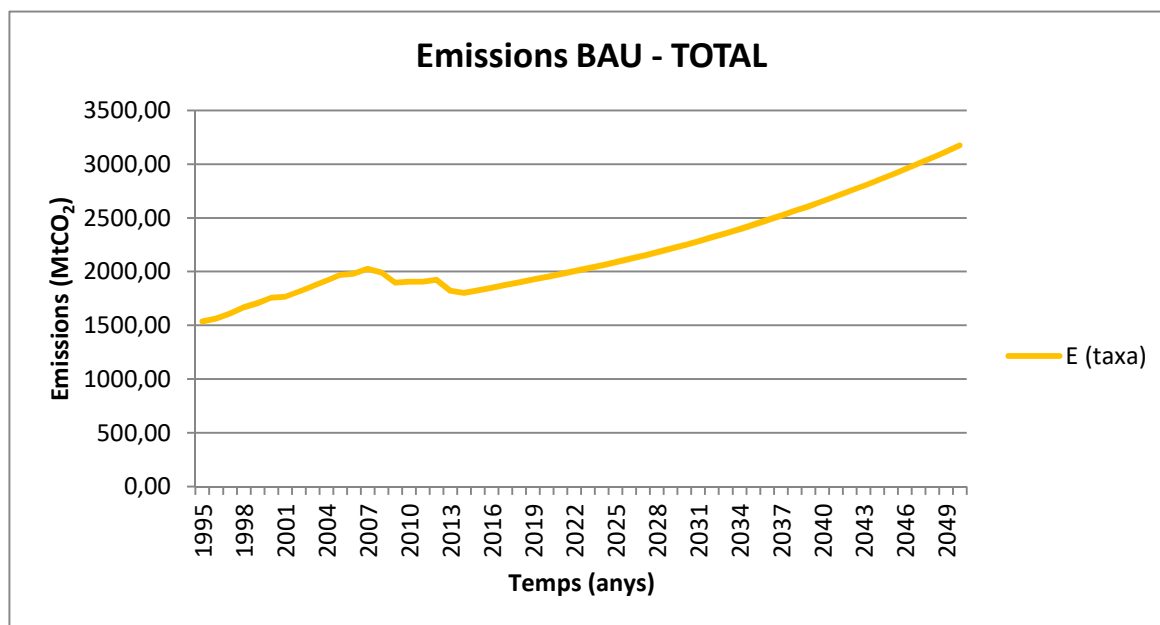
**Figura 39.** Escenari BAU de les emissions als països desenvolupats.



**Figura 40.** Escenari BAU de les emissions als països en desenvolupament.

És especialment impactant el radical augment d'emissions, que dibuixa l'escenari tendencial, dels països en desenvolupament des del 1990 fins a la previsió del 2050.

Per últim, es pot tornar a demostrar que els països desenvolupats marquen la tendència d'evolució del conjunt d'estats de la conca mediterrània:



**Figura 41.** Escenari BAU de les emissions als països de la conca mediterrània.

Tot i la major semblança a la tendència dels desenvolupats, l'efecte provocat pel gran creixement d'emissions de l'altre bloc acaba dibuixant la corba anterior. D'aquesta se n'extreu que les emissions, en l'escenari BAU, augmenten al voltant d'un 80 % des de l'última dada històrica (2014) i més del doble respecte al 1990, situant-se en valors superiors a les 3000 Mt CO<sub>2</sub> al 2050 al conjunt de la conca mediterrània. Recordant l'apartat de selecció de països, han quedat exclosos de l'anàlisi països com Síria o Líbia, estats que contribuirien a incrementar encara més aquesta xifra.

Al ANNEX V/COMPARATIVES + ESC ALTERNATIUS/COMPARATIVES es poden observar comparacions d'escenaris BAU entre les emissions, la intensitat de carboni, la intensitat energètica, el PIB per càpita i la població de tots els països estudiats i dels tres agregats d'aquests definits.

Aquestes dades són utilitzades per a la posterior elaboració d'escenaris de futur alternatius, però representen molt bé l'efecte explicat de la major influència dels desenvolupats:

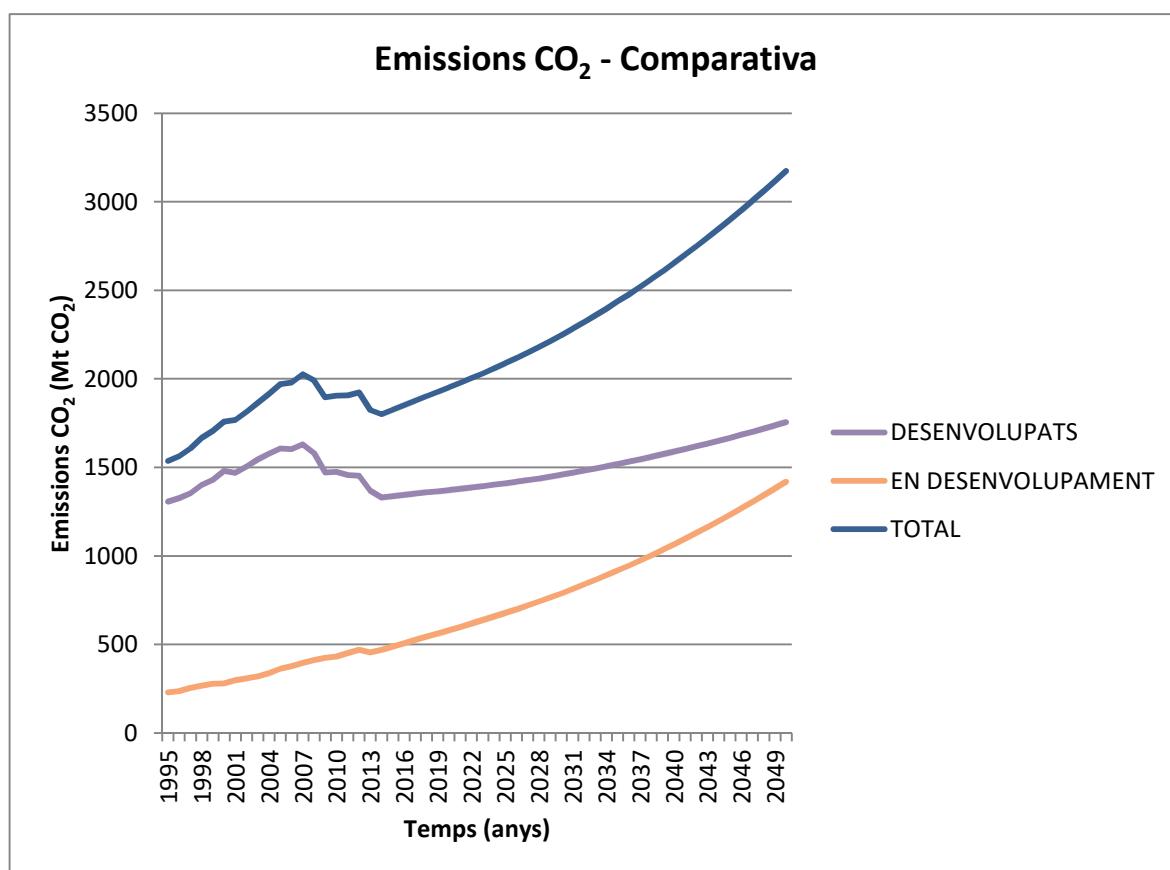
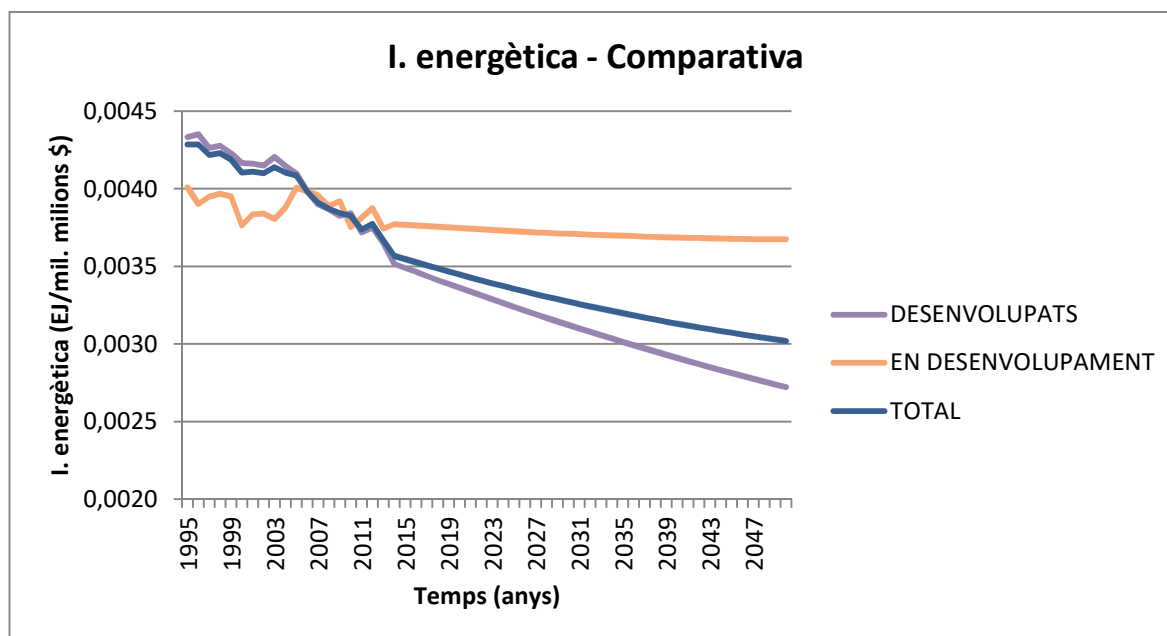


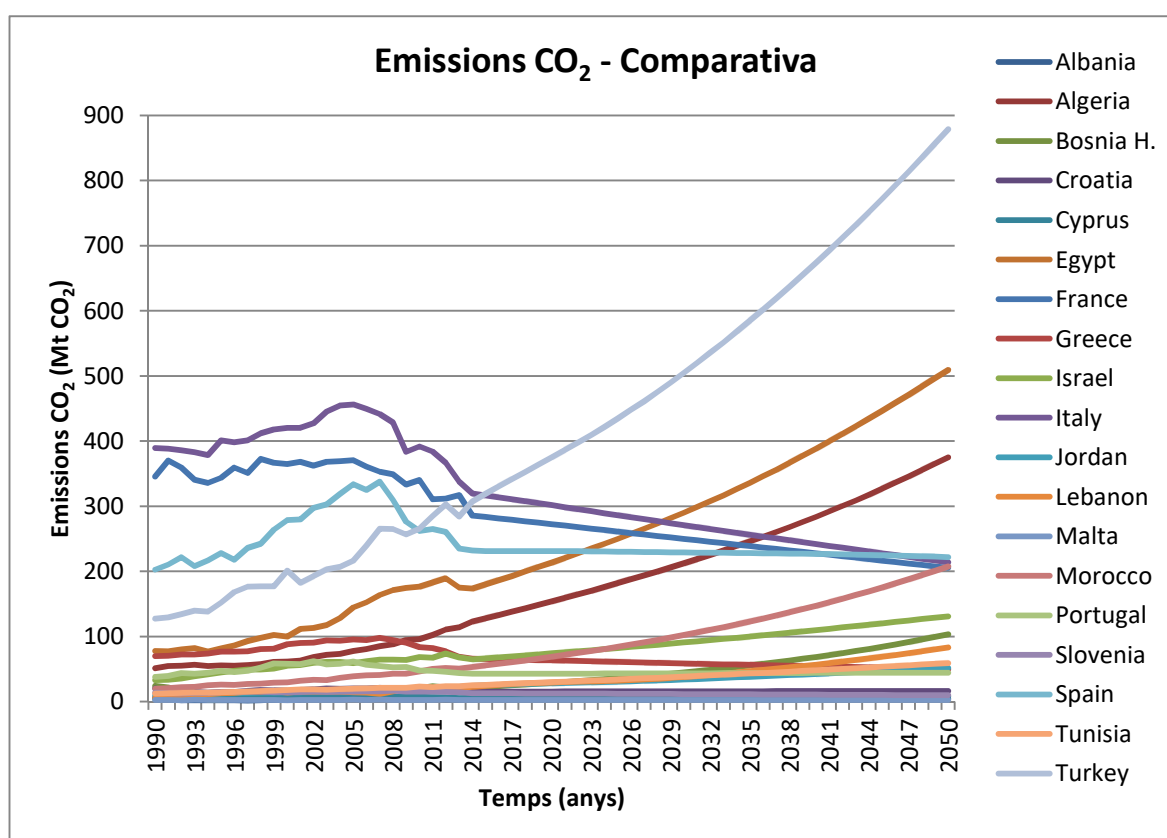
Figura 42. Comparativa d'escenaris BAU de les emissions als agregats de països.

Aquest efecte és també visible en qualsevol dels altres factors. Es mostra com a exemple la intensitat energètica dels agregats:



**Figura 43.** Comparativa d'escenaris BAU de la intensitat energètica als agregats de països.

Finalment s'adjunta la comparació d'emissions entre tots els països, tot i que als annexos indicats es troba la comparació de la resta de factors i comparacions per blocs de països:



**Figura 44.** Comparativa d'escenaris BAU de les emissions als països de la conca mediterrània.

Aquest gràfic permet tenir una idea general de les emissions, tot i que és impossible apreciar la característica de cada país. El que sí es pot destacar és que els països amb més emissions al 2050 són, de major a menor, Turquia, Egipte i Algèria. Els dos últims segueixen la tendència general dels països en desenvolupament, que presenten grans increments. L'excepció es troba a Turquia, donat que és un país de característiques similars a les dels altres socioeconòmicament parlant, però la seva pertinença a l'OCDE fa que aquest estat es trobi dins de l'agregat de desenvolupats. De fet, és el principal causant del petit augment d'emissions dels desenvolupats mostrat a la figura 39. Tal i com també s'ha vist, les emissions de França i d'Espanya, es reduïen i s'estabilitzaven, respectivament.

Per una altra banda, l'altra gran conclusió que s'obté és que França, Itàlia i Espanya, és a dir, els països amb major PIB d'entre tots els estudiats, són els que tenen major índex d'emissions durant el període històric i, en canvi, després, aquestes es redueixen o estabilitzen. Compleixen així amb la norma general del conjunt dels desenvolupats.

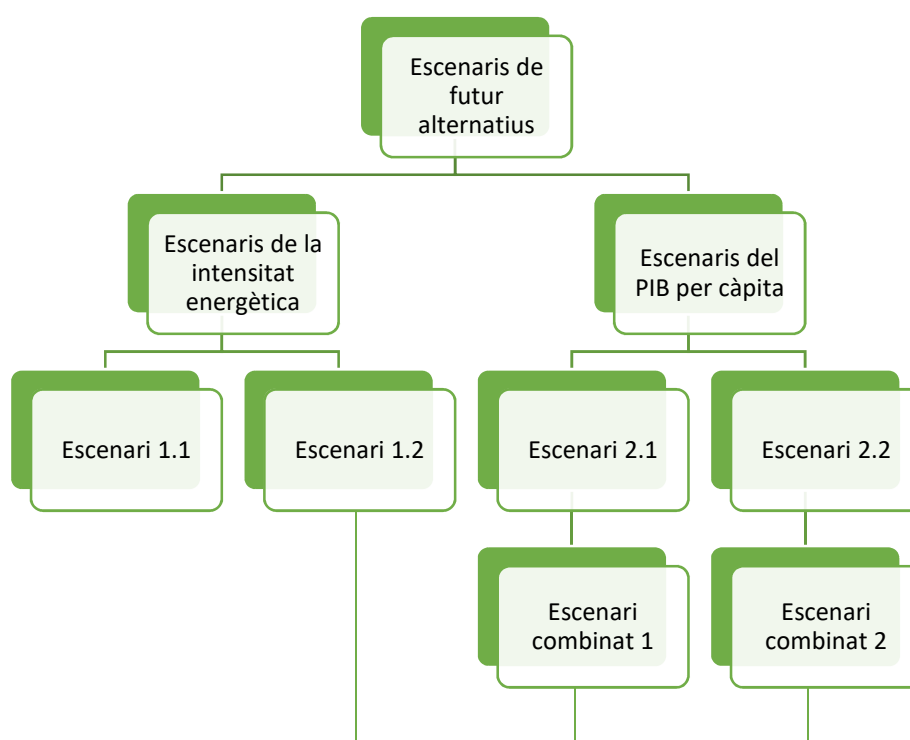


## 6. Escenaris de futur alternatius

L'altre tipus d'escenari de futur descrit a l'inici del capítol anterior és l'escenari alternatiu. Un escenari de futur alternatiu és aquell en el qual es modifica qualsevol de les variables que el defineixen per tal de fer variar el resultat final de manera que no se segueixi la tendència marcada per les dades històriques. En altres paraules, i aplicat a aquest estudi, és qualsevol escenari en el qual es modifiqui l'escenari tendencial d'algun dels factors conductors per a qualsevol dels territoris analitzats de manera que aquest canvi acabi també variant el valor de les emissions de CO<sub>2</sub>.

Aquest treball no contempla la variació de la intensitat de carboni (queda fora del seu abast per la limitació de temps a l'hora de la seva realització, donat que requereix d'un anàlisi més exhaustiu) ni la de la població per motius ètics. Descartats aquests dos, es treballa amb escenaris que varien la intensitat energètica, el PIB per càpita, o tots dos alhora.

Concretament, els escenaris confeccionats són els següents:



**Figura 45.** Classificació d'escenaris de futur alternatius.

Tots ells s'elaboren a partir de les comparacions entre els escenaris de futur BAU que es poden visualitzar al ANNEX V/COMPARATIVES + ESC ALTERNATIUS/COMPARATIVES.

Per tal de modificar un determinat factor conductor respecte del seu escenari tendencial, s'aproxima la característica que va des del 2015 fins al 2050 a l'equació d'una línia recta. A partir d'aquí, es calcula un factor  $f$  per a cada any, que multiplicarà a l'escenari BAU per a fer-lo tendir cap al valor final desitjat.

Aquest procediment no s'explica amb detall donat que es tracta de càlculs purament matemàtics que no tenen relació amb cap procediment específic de l'àmbit del treball. Tot i així, es pot analitzar l'operació al ANNEX V/COMPARATIVES + ESC ALTERNATIUS/ESCENARI *número de l'escenari*.

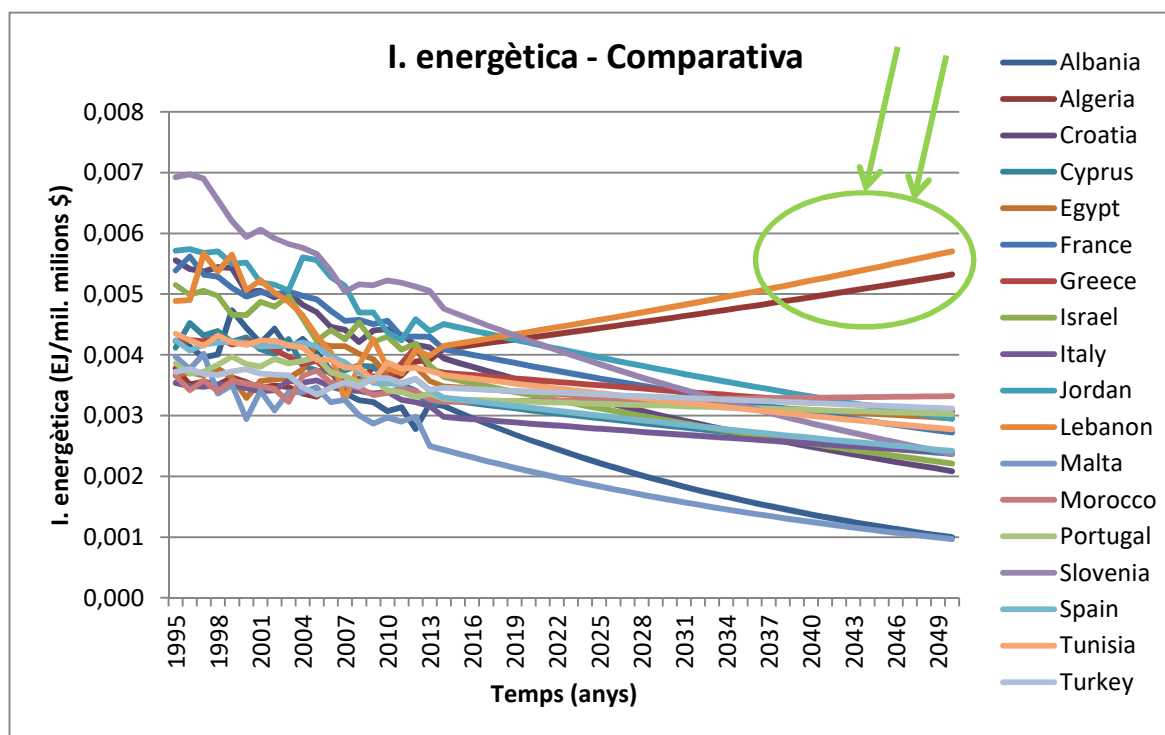
Tots els escenaris alternatius exposats van destinats a reduir les emissions de diòxid de carboni, de manera que suposen una mesura de mitigació d'aquestes.

## 6.1. Escenaris de la intensitat energètica

### 6.1.1. Escenari 1.1

El primer escenari proposat consisteix en fer tendir la intensitat energètica dels països pels quals sigui més elevada al 2050 cap al valor d'algun dels països pels quals aquesta es reduís i es trobés en un terme mig també a l'any 2050.

Si s'observa la comparativa entre intensitats energètiques:



**Figura 46.** Comparativa d'escenaris BAU de la intensitat energètica als països de la conca mediterrània.



Són difícilment apreciables totes les corbes, però es pot distingir que les que es desmarquen clarament són les d'Algèria i el Líban. Com a país de referència es pren Itàlia.

El resultat final per als dos països és el que segueix:

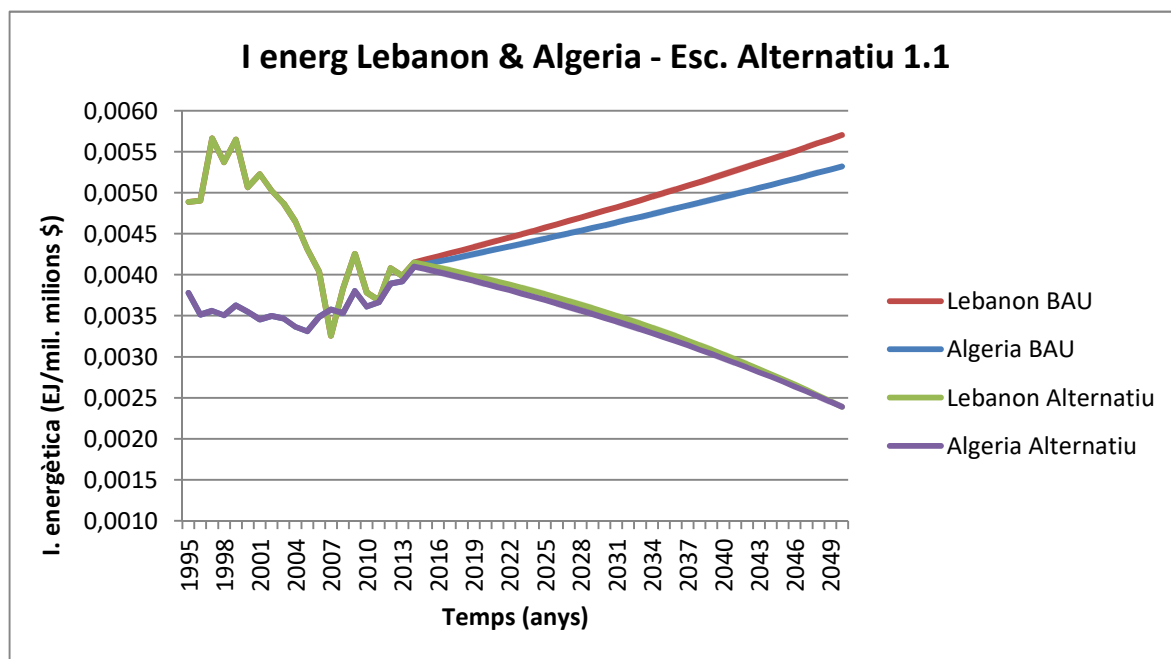


Figura 47. Resultat de l'escenari alternatiu 1.1.

Suposa una gran diferència per als dos països i la seva repercussió en emissions és aquesta:

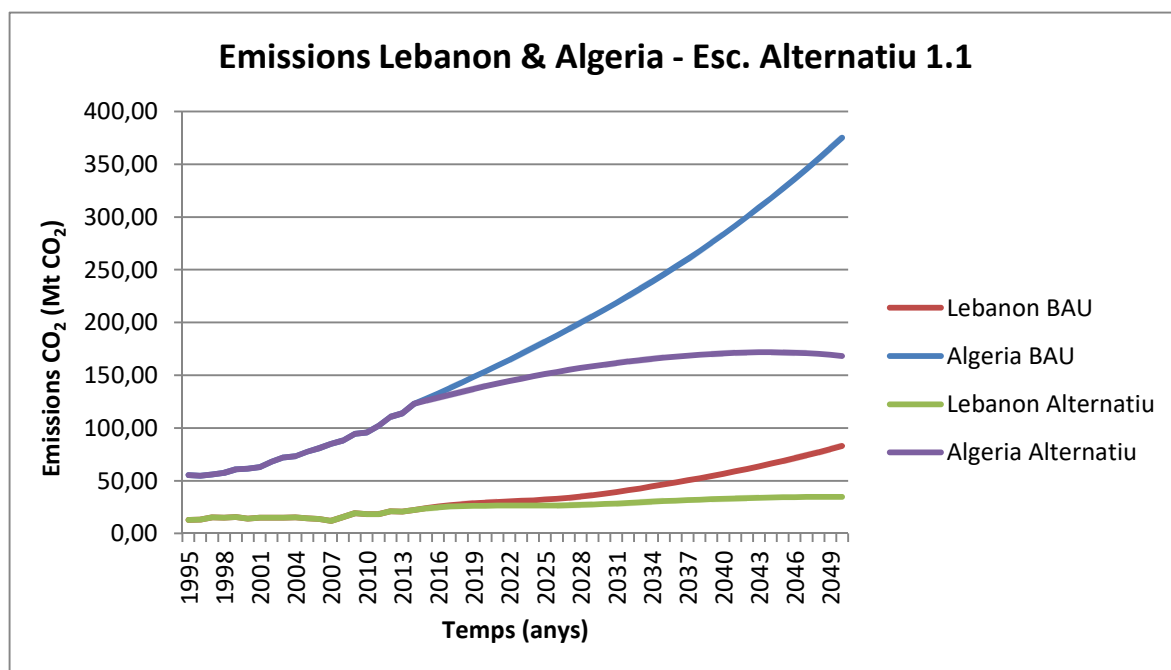


Figura 48. Repercussió en emissions de l'escenari 1.1.

En general, s'aprecien reduccions d'emissions a la meitat del seu escenari tendencial per a l'any 2050, tot i que per a aconseguir-ho s'està marcant un objectiu molt ambiciós.

A més, aquesta reducció té efectes en les emissions de l'agregat de països en desenvolupament (al qual pertanyen els dos països modificats) i en el total d'emissions de la conca mediterrània:

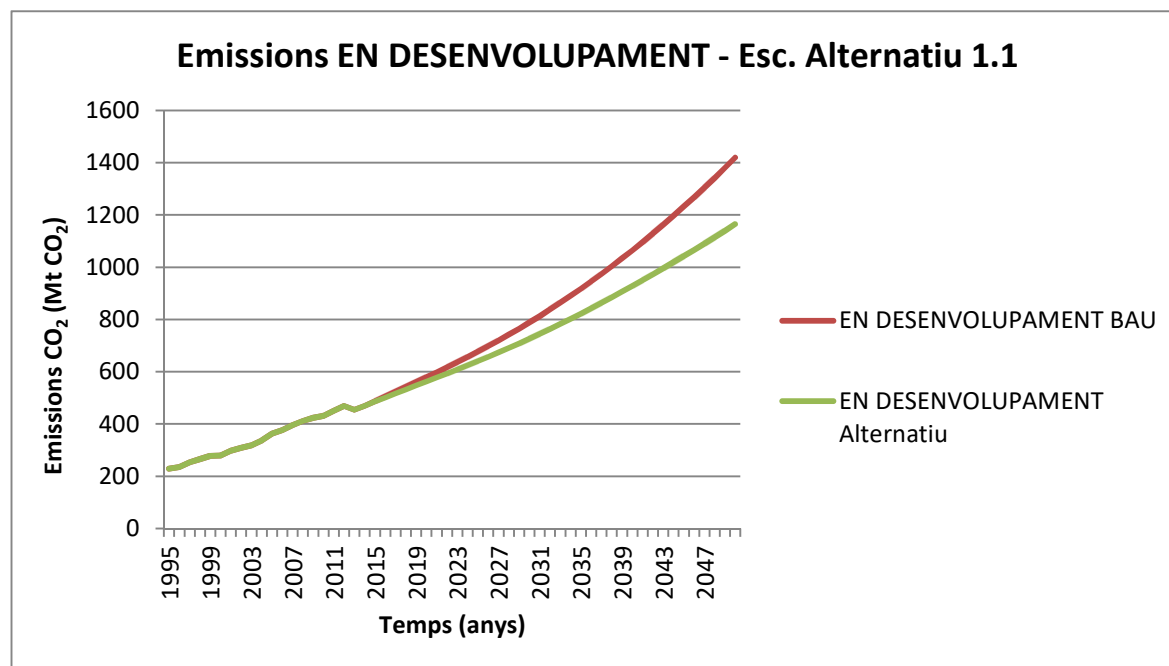


Figura 49. Repercussió en emissions de l'escenari 1.1.

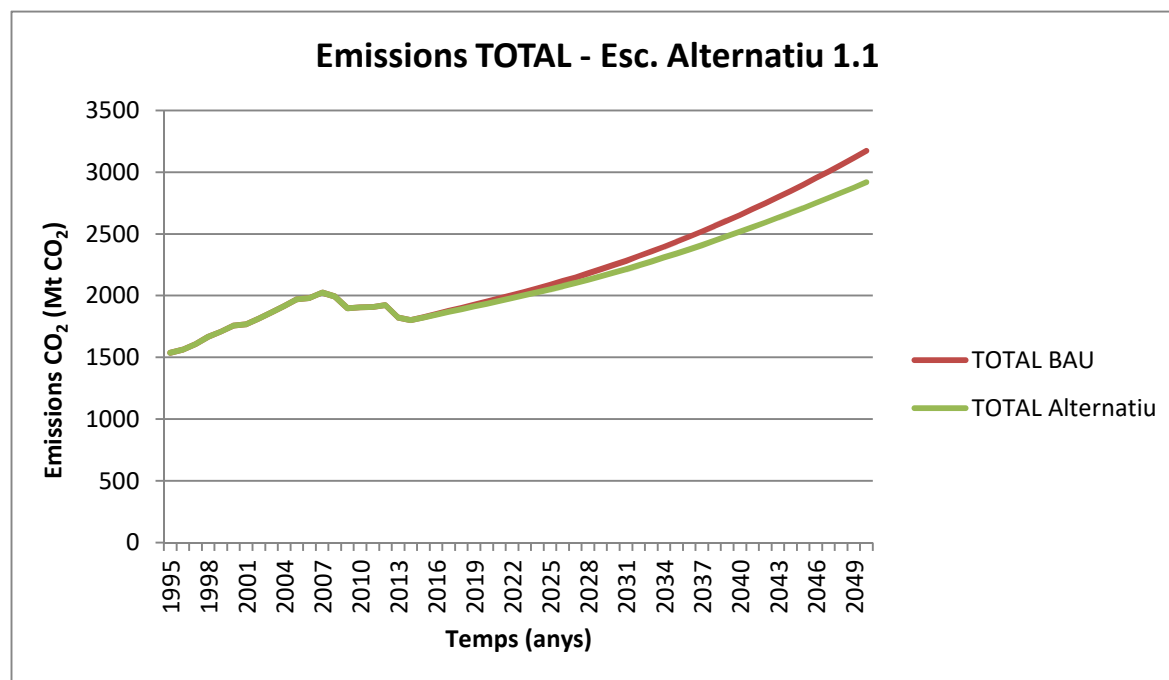


Figura 50. Repercussió en emissions de l'escenari 1.1.

La reducció d'emissions a l'agregat total s'aproxima a unes 250 Mt CO<sub>2</sub>.

### 6.1.2. Escenari 1.2

En aquest escenari s'actua a més gran escala que en l'anterior. Es vol fer tendir el valor de la intensitat energètica del conjunt de països en desenvolupament cap al valor que tindrien d'aquest mateix paràmetre el conjunt de països desenvolupats a l'any 2050.

Aquesta seria la nova evolució de la intensitat energètica per a l'agregat de països en desenvolupament:

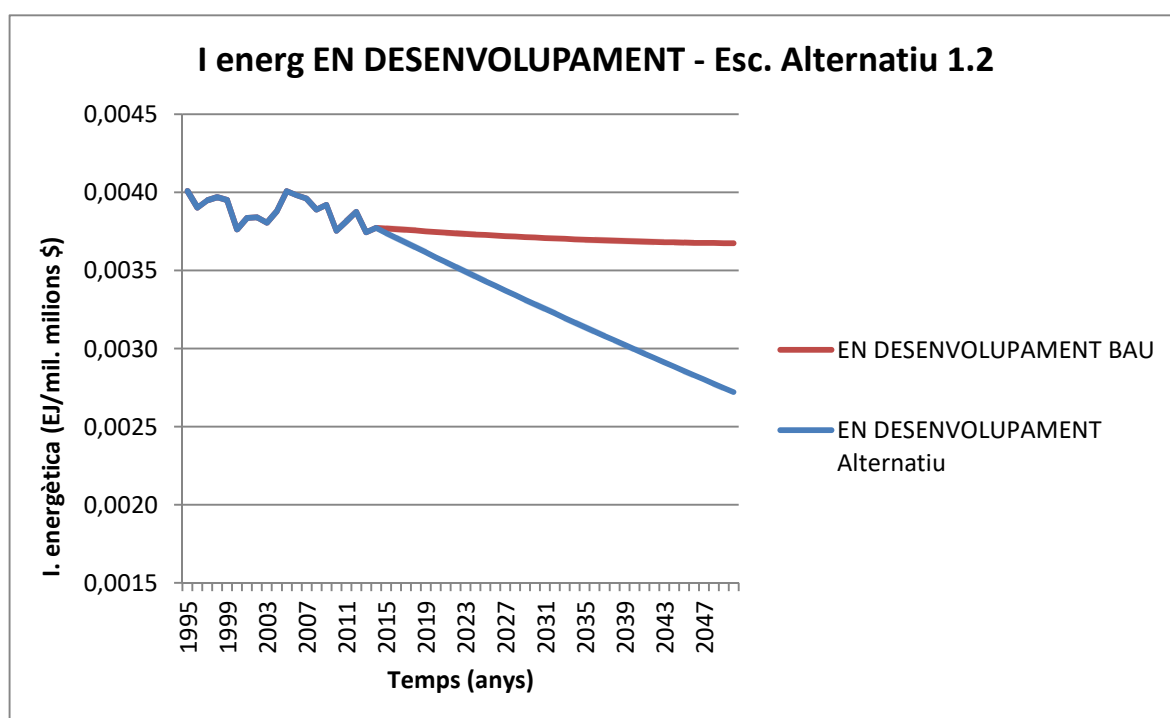


Figura 51. Resultat de l'escenari alternatiu 1.2.

Es torna a proposar un objectiu de mitigació molt ambiciós. Es pretén reduir la intensitat energètica en més d'un 25 %. A més, donat que aquesta reducció s'aplica sobre un conjunt de varis països, suposaria l'aplicació de mesures dràstiques per part de tots ells per a què arribés a ser mínimament assolible.

Evidentment, la hipotètica consecució d'aquest objectiu implica una reducció d'emissions major que en l'escenari anterior en el qual, tot i aplicar una mesura dràstica, només s'actuava sobre dos estats concrets.

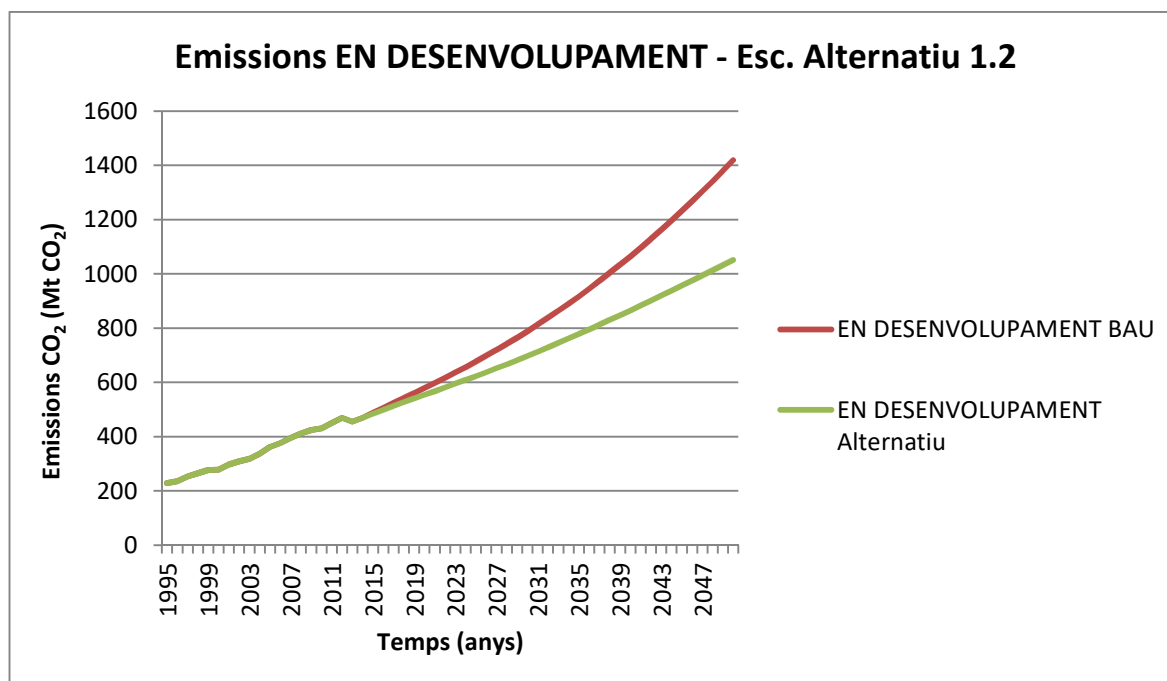


Figura 52. Repercussió en emissions de l'escenari 1.2.

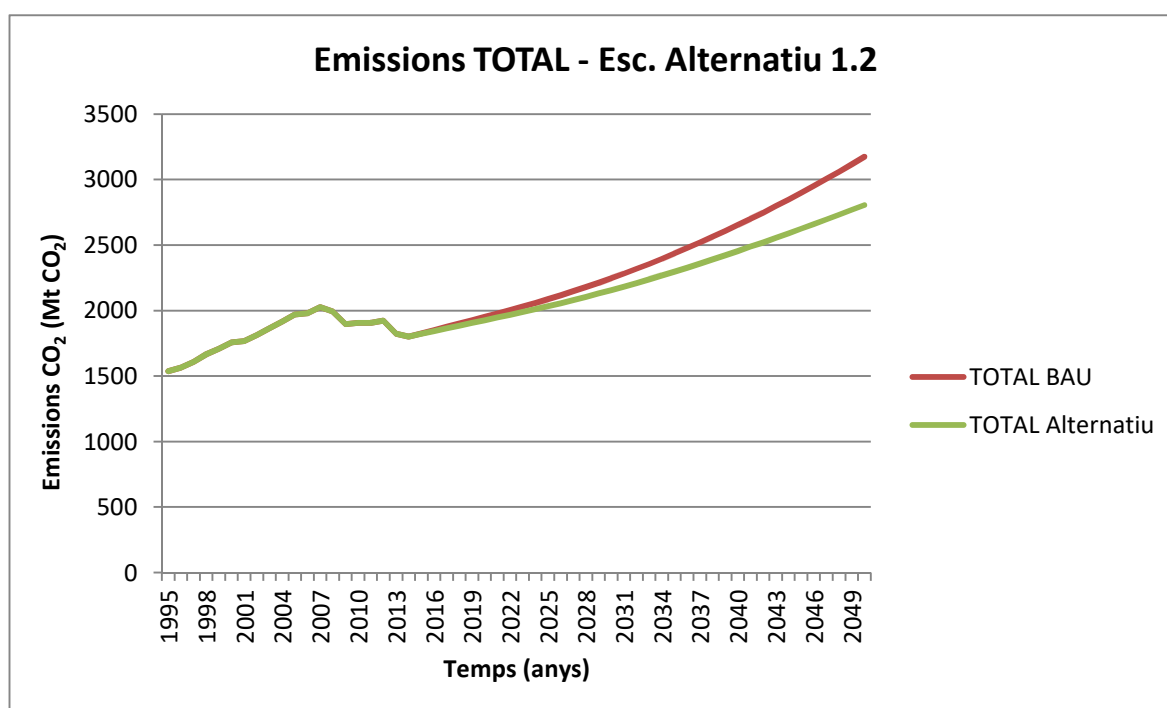


Figura 53. Repercussió en emissions de l'escenari 1.2.

En aquest cas, la reducció al total de països de la conca mediterrània s'estableix en unes 400 Mt CO<sub>2</sub>.

## 6.2. Escenaris del PIB per càpita

### 6.2.1. Escenari 2.1

En aquesta hipòtesi es té la intenció de reconduir el valor del PIB per càpita dels agregats de països desenvolupats i en desenvolupament al valor que tenia França d'aquest factor a l'any 1990, tenint en compte que l'estat francès era el territori amb major PIB per càpita.

El resultat d'aplicar l'escenari per als dos conjunts d'estats és el que segueix:

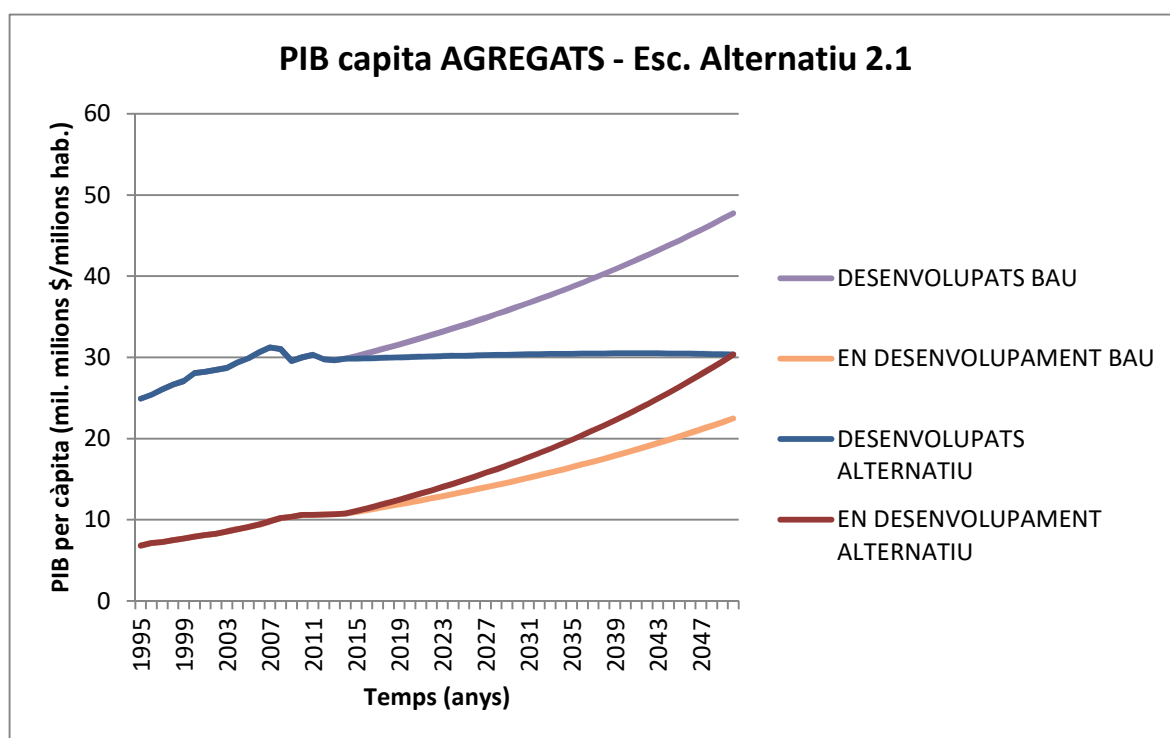


Figura 54. Resultat de l'escenari alternatiu 2.1.

S'extreu una conclusió immediata i és que els països desenvolupats haurien d'estabilitzar el seu creixement econòmic, mentre que el conjunt en desenvolupament hauria d'accelerar el seu creixement encara més.

Una altra vegada, s'analitza un escenari alternatiu de difícil assoliment. Doncs, tot i que des de l'inici de la crisi econòmica al 2008, els estats desenvolupats han frenat el seu avenç econòmic, si tenen l'oportunitat de tornar a créixer, no es conformaran amb estabilitzar-se. Per altra banda, el conjunt de països en desenvolupament està evolucionant econòmicament al major ritme al que pot arribar cadascun dels territoris. Dificilment acceleraran aquest creixement, ja que si això fos factible, ja ho estarien fent.

Això es tradueix en una reducció d'emissions als països desenvolupats, un increment als que estan en desenvolupament i, finalment, realitzant el balanç total, un petit decrement d'emissions:

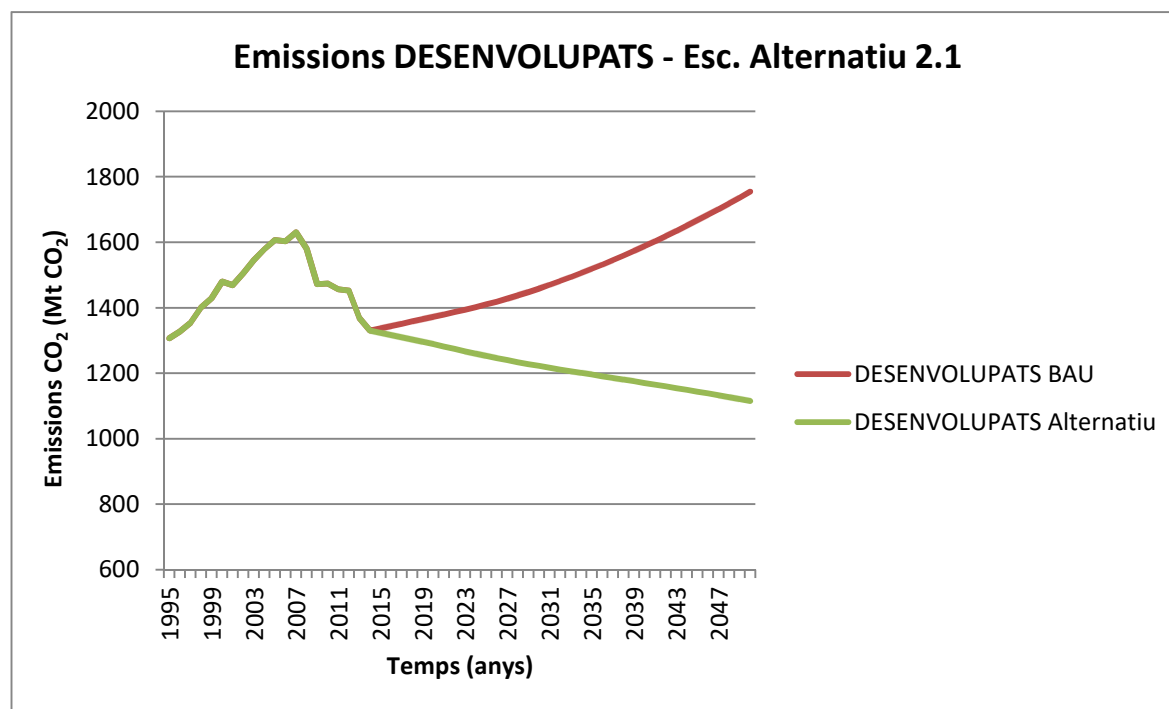


Figura 55. Repercussió en emissions de l'escenari 2.1.

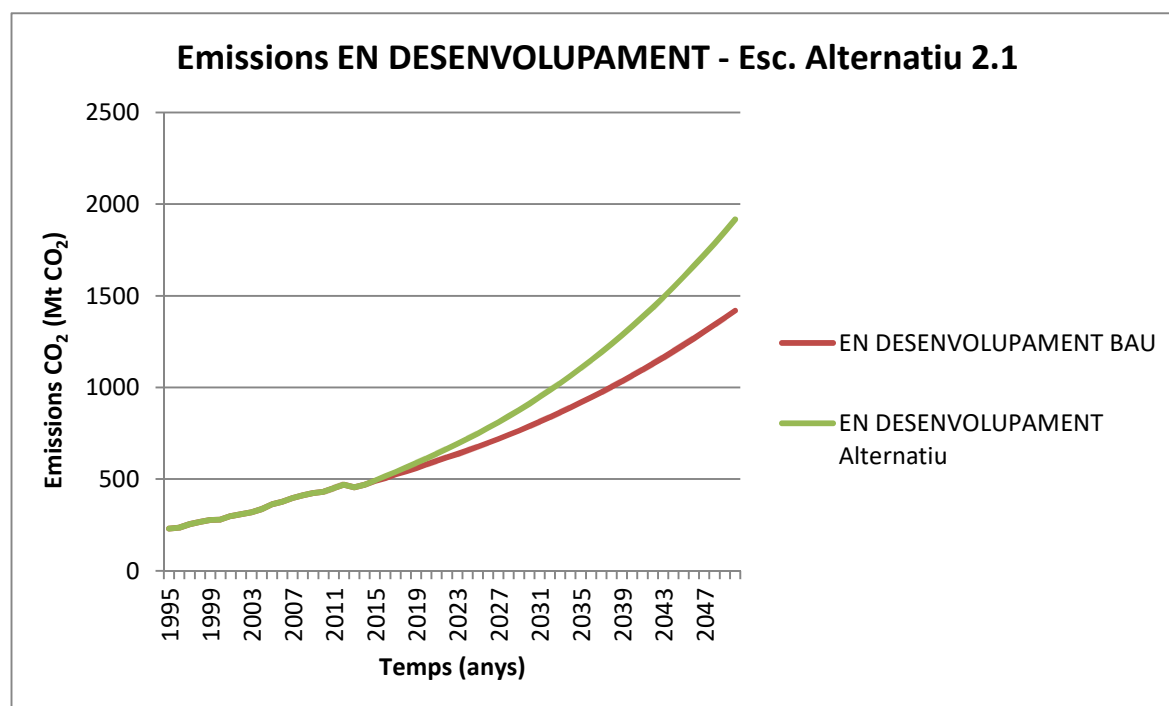


Figura 56. Repercussió en emissions de l'escenari 2.1.

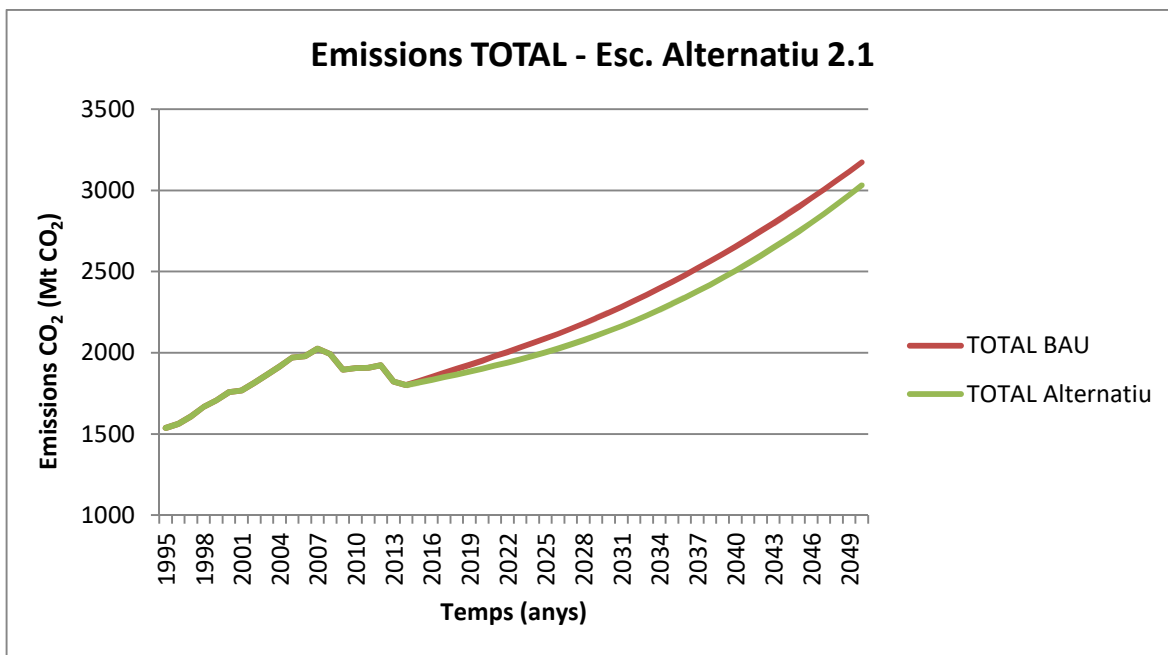


Figura 57. Repercussió en emissions de l'escenari 2.1.

En aquesta casuística, la reducció d'emissions totals es troba al voltant de 150 Mt CO<sub>2</sub>.

### 6.2.2. Escenari 2.2

L'últim escenari alternatiu proposat consisteix en fer tendir el PIB per càpita del grup de països desenvolupats cap al valor del 2050 d'aquest mateix factor dels països en desenvolupament.

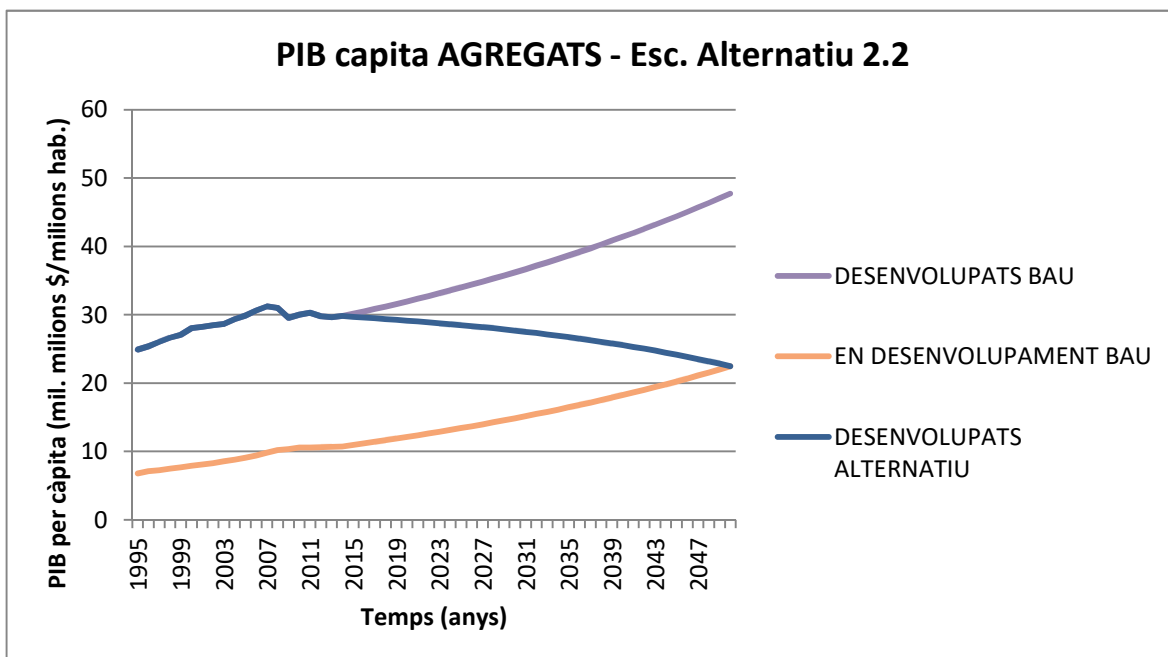


Figura 58. Resultat de l'escenari alternatiu 2.2.

En aquest cas, a diferència de l'anterior, els països desenvolupats han de reduir el seu PIB per càpita en lloc d'estabilitzar-lo, el que suposa un escenari encara més complicat d'assumir per a ells. Com en els altres casos, es mostra la repercussió en emissions:

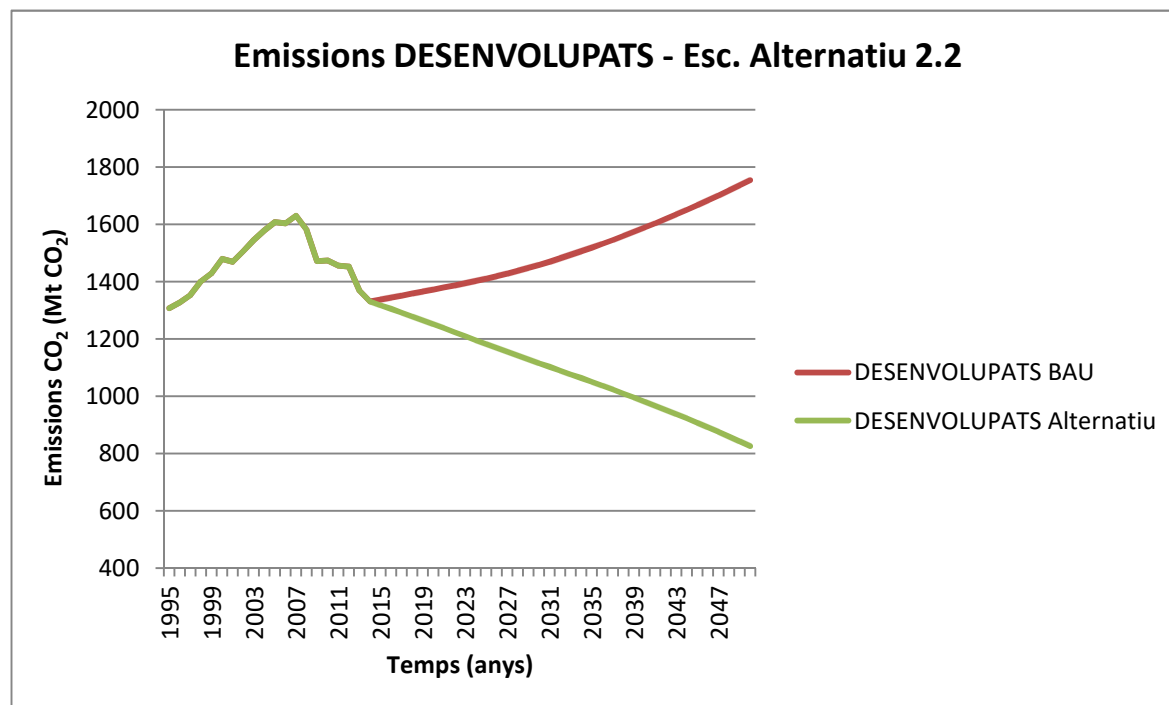


Figura 59. Repercussió en emissions de l'escenari 2.2.

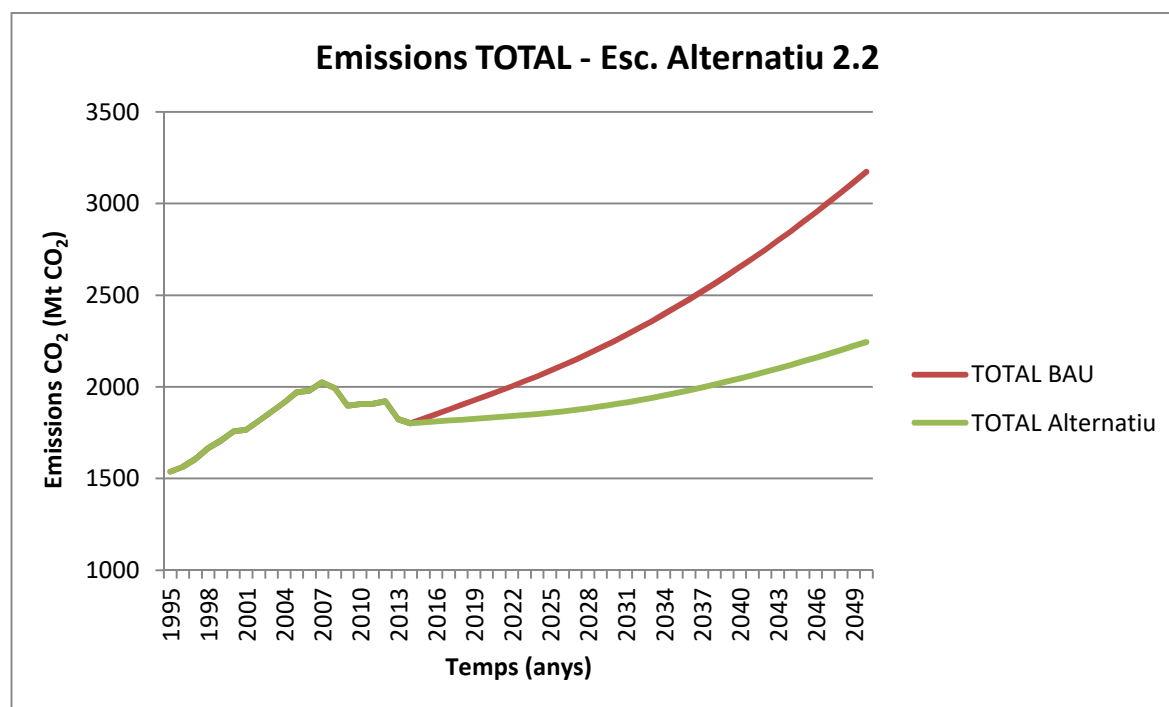


Figura 60. Repercussió en emissions de l'escenari 2.2.



En aquest cas la reducció d'emissions és de gairebé 1000 Mt CO<sub>2</sub>, el que col·loca aquest escenari com el que majors reduccions d'emissions aconsegueix d'entre els quatre proposats.

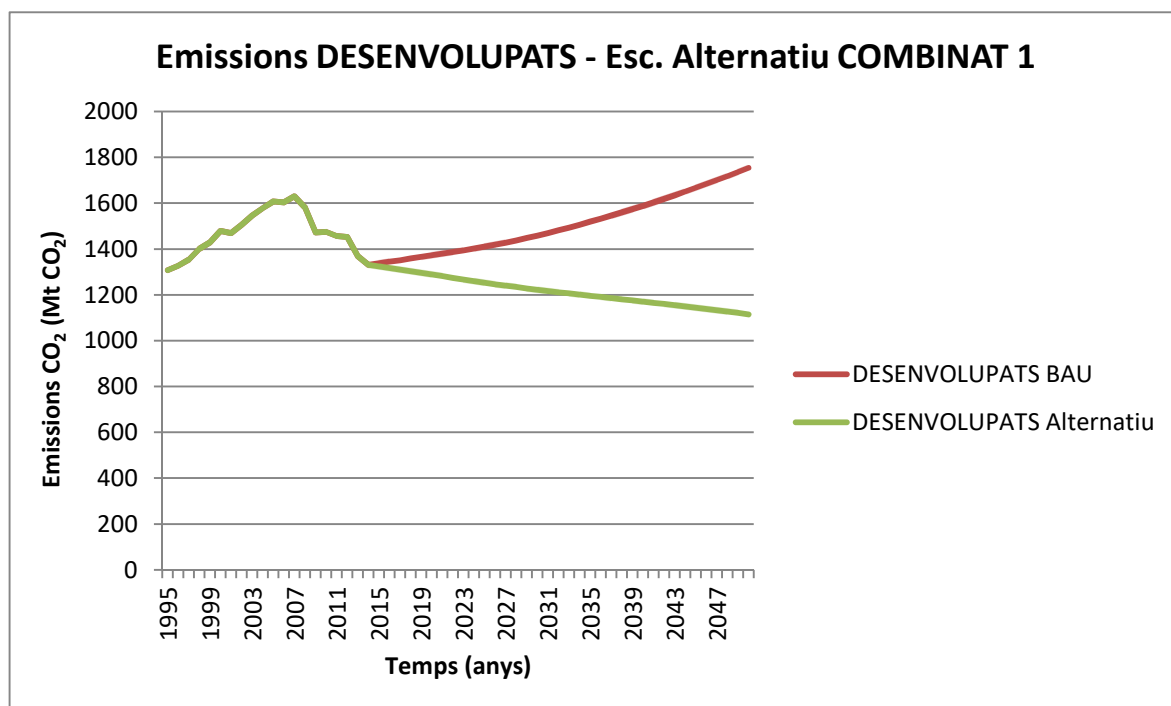
### 6.3. Escenaris combinats

Tot i haver-se exposat quatre escenaris de futur alternatius en els quals es varia algun dels factors conductors (intensitat energètica o PIB per càpita) és possible implementar escenaris on es variï més d'un factor. Per tal de no crear escenaris totalment nous, s'ha optat per combinar parelles d'escenaris ja explicats al punt anterior.

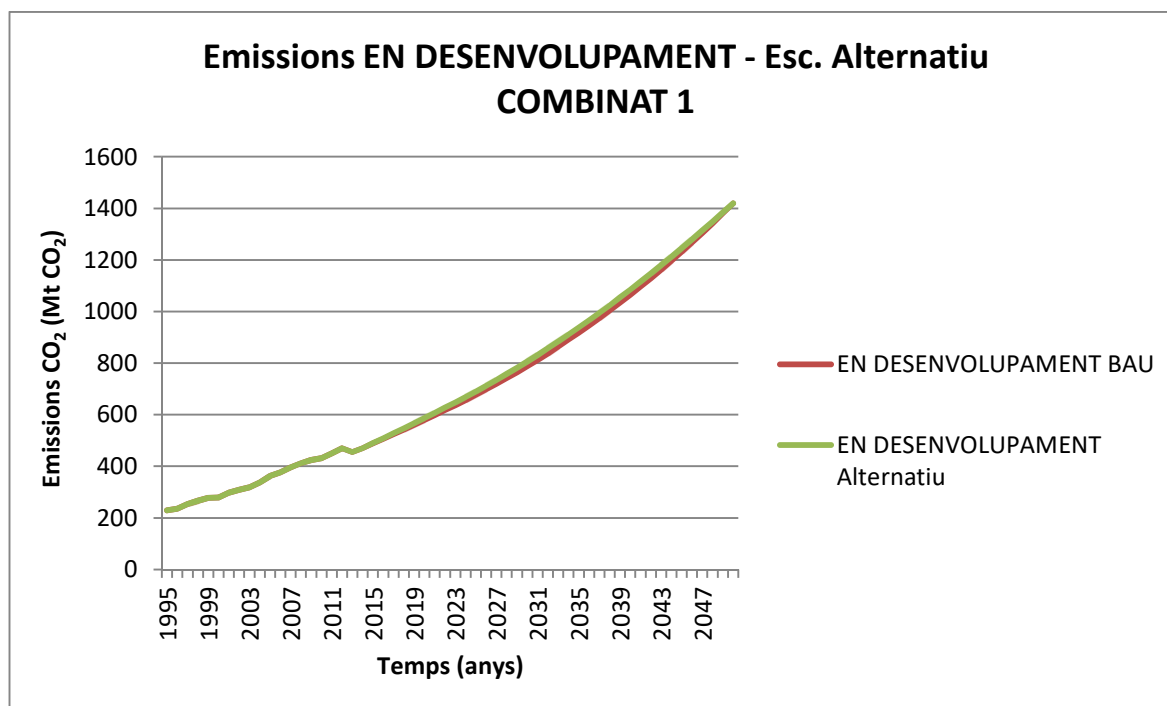
Cal aclarir que, si en els quatre escenaris alternatius previs ja es treballava amb hipòtesis molt ambicioses i difícilment assolibles, combinar dues d'aquestes hipòtesis en un mateix escenari el converteix en una situació encara més allunyada de la realitat.

Les dues combinacions d'escenaris aplicades es poden trobar al ANNEX V/COMPARATIVES + ESC ALTERNATIUS/COMBINAT *número de l'escenari*.

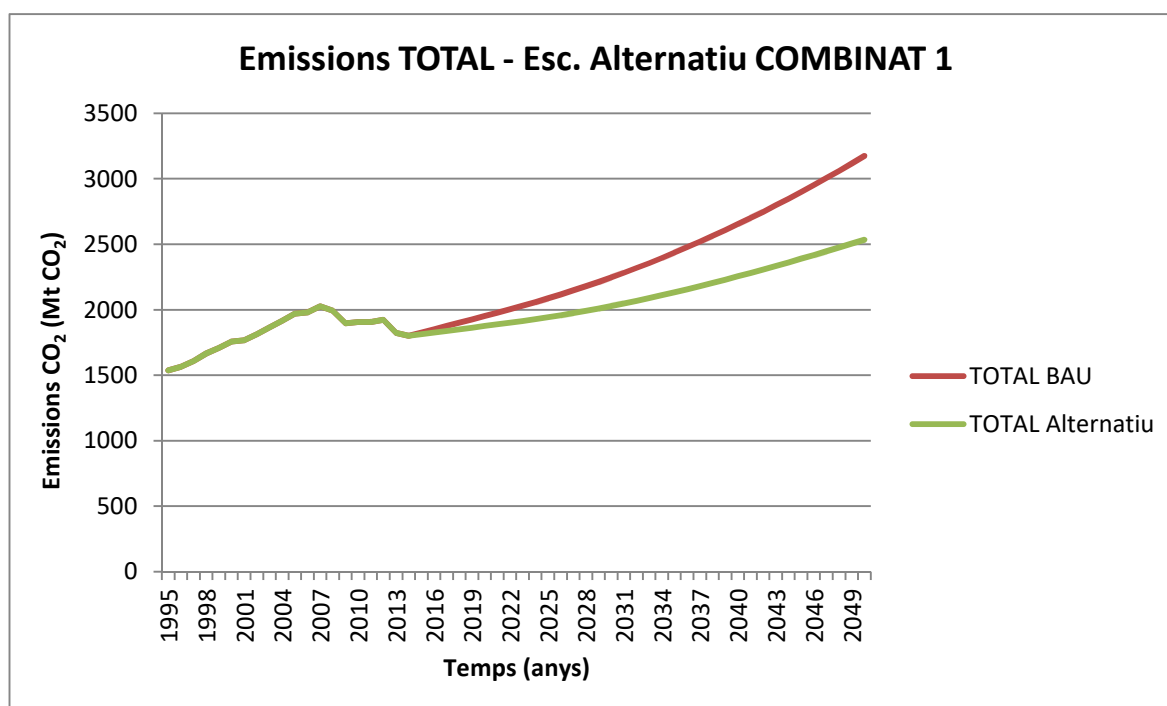
La primera combinació d'escenari proposada és aplicar el 1.2 i el 2.1 simultàniament:



**Figura 61.** Repercussió en emissions de l'escenari combinat 1.



**Figura 62.** Repercussió en emissions de l'escenari combinat 1.



**Figura 63.** Repercussió en emissions de l'escenari combinat 1.

Es veu que la reducció d'emissions total ve marcada per la reducció d'emissions dels desenvolupats, ja que en la combinació dels dos escenaris, els països en desenvolupament no presenten gairebé cap diferència.

La reducció d'emissions en aquest cas és de 650 Mt CO<sub>2</sub> aproximadament.

L'altra combinació possible és la de l'escenari 1.2 amb el 2.2:

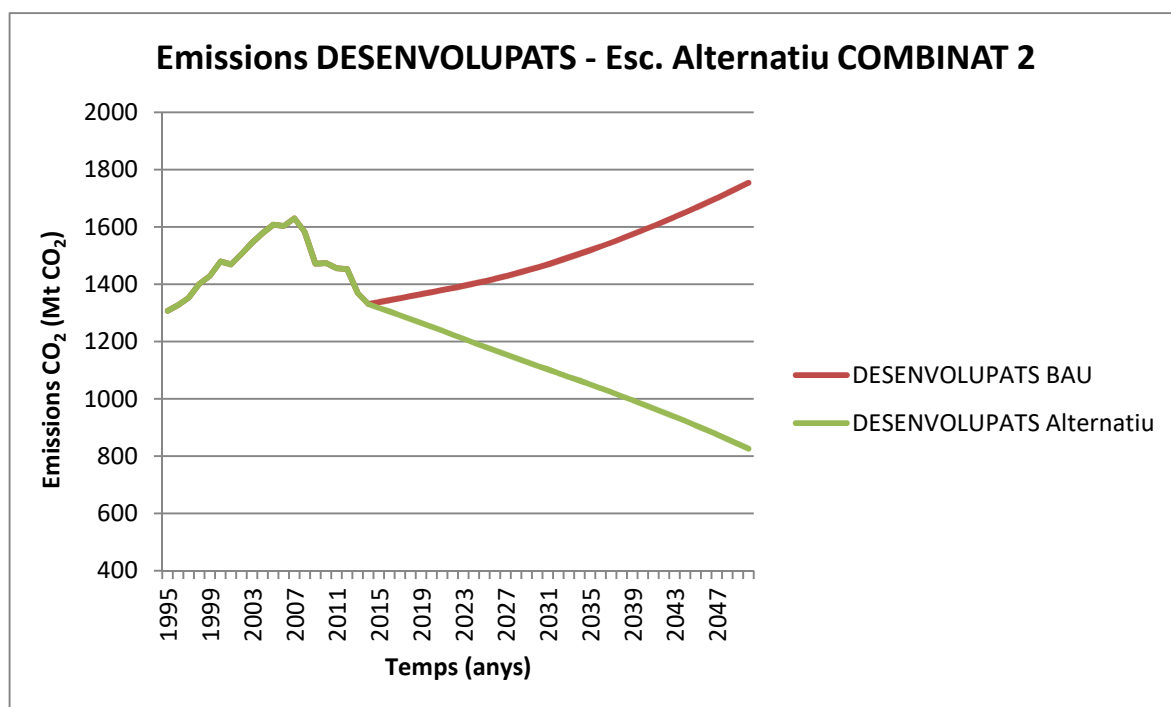


Figura 64. Repercussió en emissions de l'escenari combinat 2.

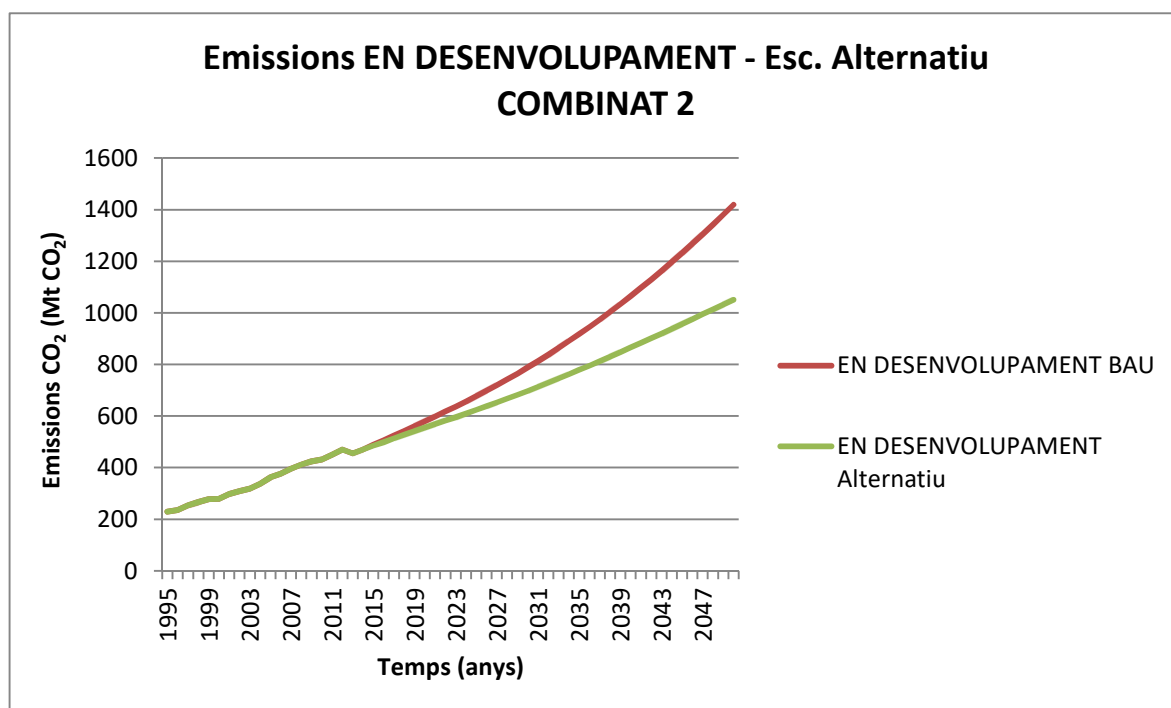
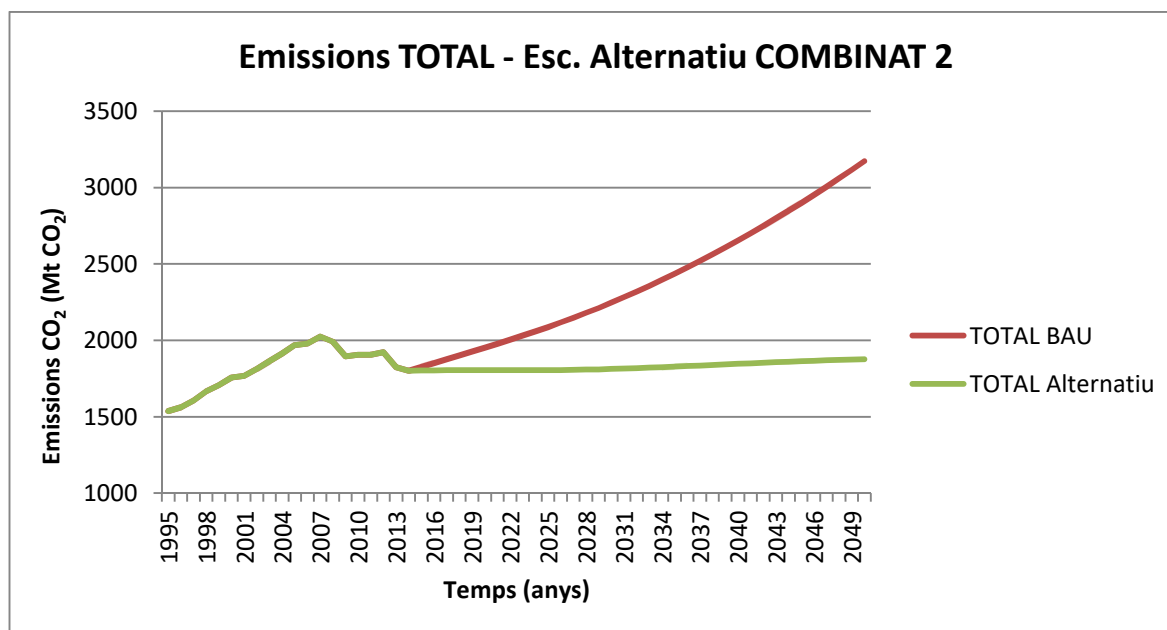


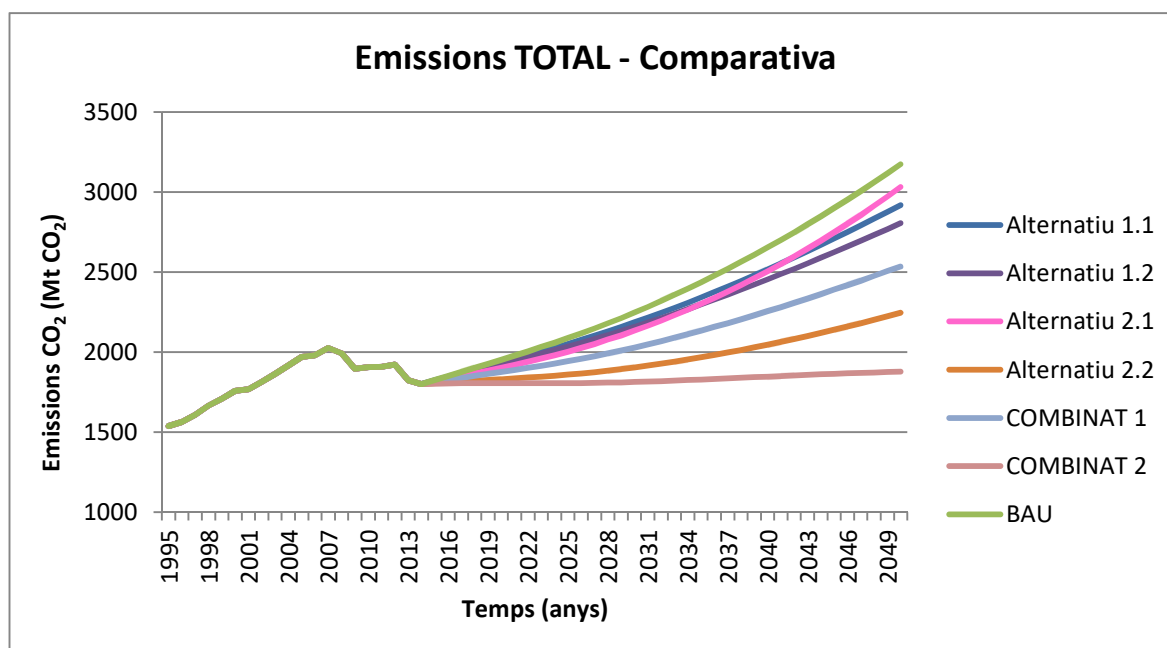
Figura 65. Repercussió en emissions de l'escenari combinat 2.



**Figura 66.** Repercussió en emissions de l'escenari combinat 2.

En aquesta situació s'aconsegueix una reducció molt important als països desenvolupats i també, tot i que de forma menys accentuada, als països en desenvolupament. Això provoca una gran reducció a les emissions totals, essent l'escenari que assoleix una major disminució (al voltant de les 1300 Mt CO<sub>2</sub>).

Si finalment es comparen tots els escenaris de futur (inclosos els combinats i el BAU) s'obté:



**Figura 67.** Comparativa d'escenaris de futur (BAU i alternatius) de les emissions als països de la conca mediterrània.

Com és d'esperar, el BAU és el que presenta majors emissions. El que aconsegueix una major mitigació és el segon escenari combinat, i entre un i l'altre es troba tota la resta. De fet, el segon escenari combinat assoleix una estabilització de les emissions.

## 6.4. Exemples d'aplicació a països concrets

Per últim, s'han aplicat aquests escenaris de futur alternatius a quatre països concrets per a veure la repercussió sobre les pròpies emissions del país de l'aplicació del propi escenari. Concretament els escenaris aplicats i els països escollits són:

- Escenari 1.2: Marroc i Algèria.
- Escenari 2.1: Marroc, Algèria, França i Espanya.
- Escenari 2.2: França i Espanya.

L'aplicació de cada escenari indicat sobre cadascun dels territoris es pot visualitzar al ANNEX V/COMPARATIVES + ESC ALTERNATIUS/nom país\_número de l'escenari.

A mode d'exemple, es mostra el cas de França amb l'escenari 2.2. El nou PIB seria el següent:

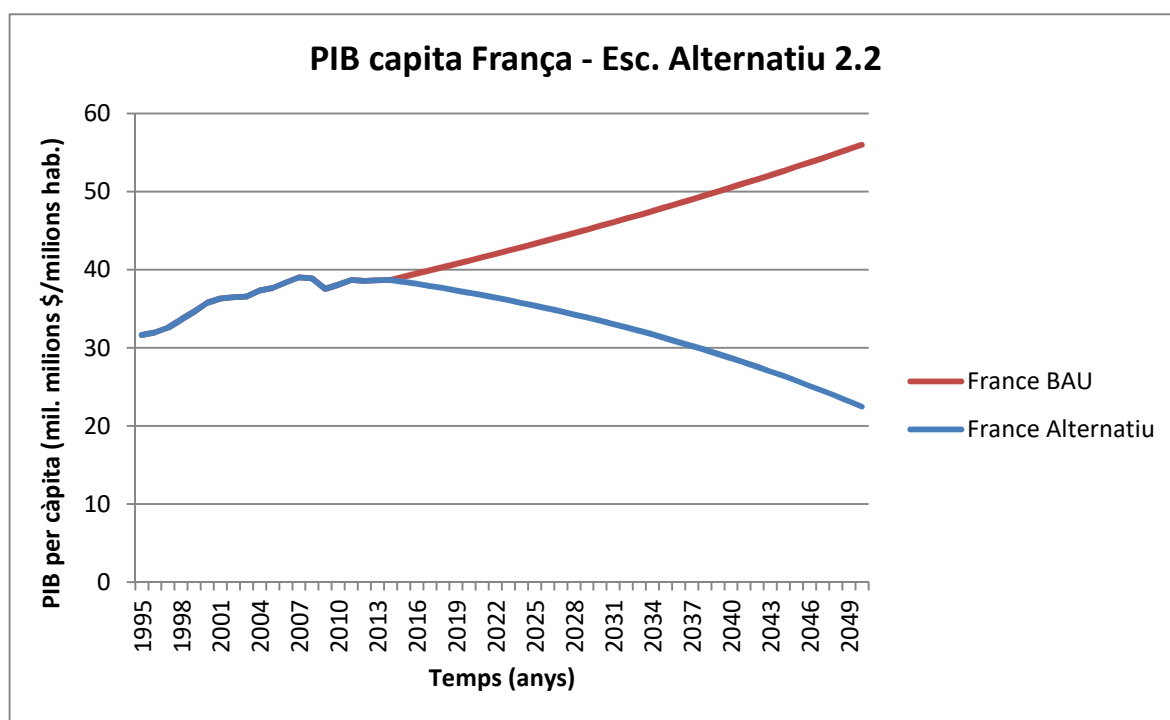
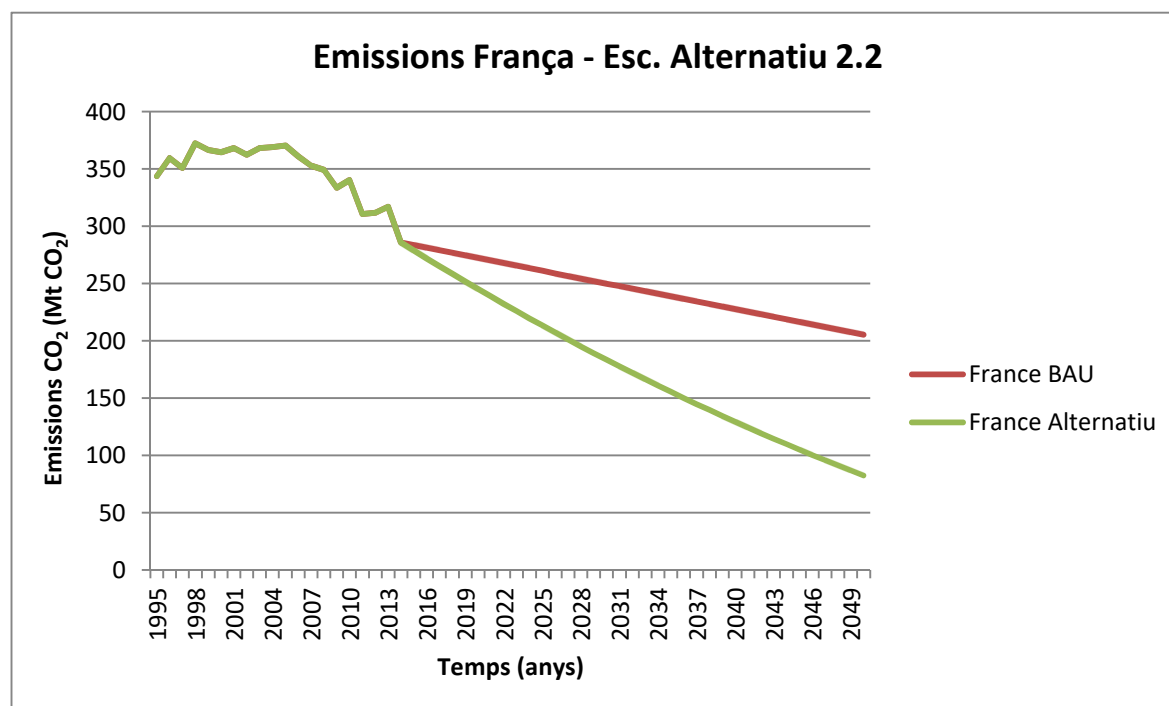


Figura 68. Resultat de l'escenari alternatiu 2.2 a França.

Donat que França és l'estat amb major PIB per càpita durant el període històric estudiat, la seva reducció com a conseqüència de l'aplicació de l'escenari alternatiu 2.2 és força gran.

Si es troba la repercussió sobre les emissions del propi país, el resultat és el que segueix:



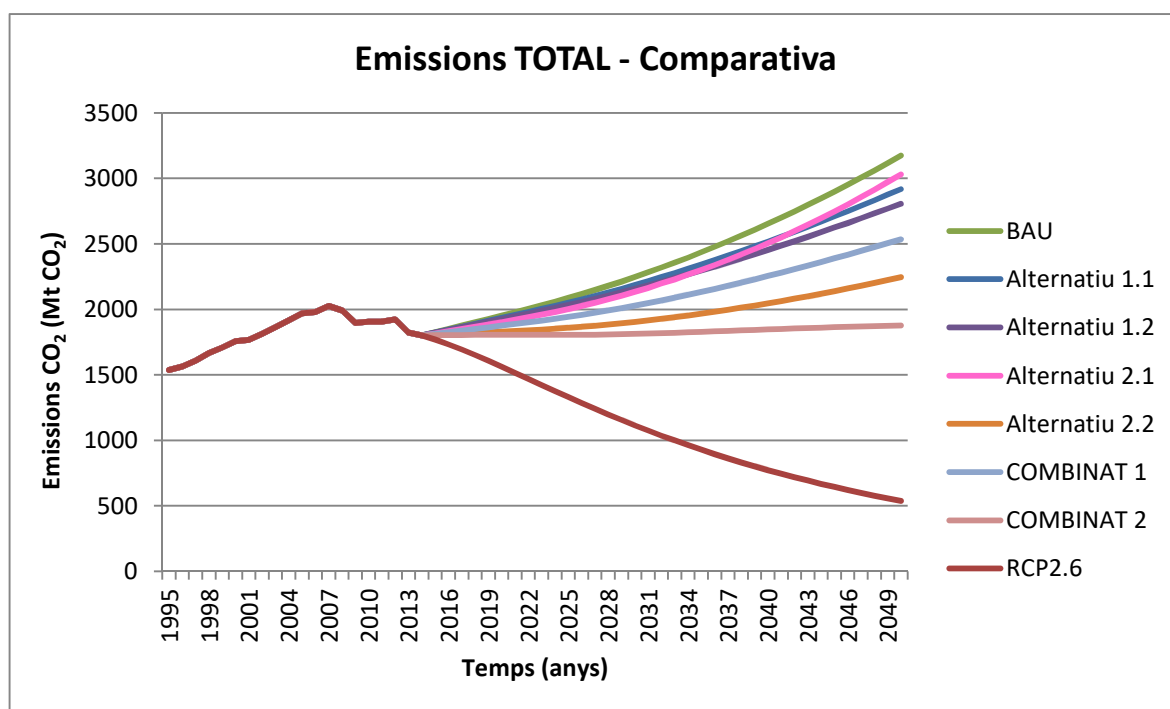
**Figura 69.** Repercussió en emissions de l'escenari 2.2 aplicat a França.

S'aconsegueix una reducció de 120 Mt CO<sub>2</sub>, el que suposa una reducció superior del 50 % per al seu valor al 2050. Cal recordar, però, que s'està aplicant una hipòtesi difícilment assolible per a qualsevol territori.

## 7. Comparació amb el RCP2.6

Aquest capítol compara els escenaris alternatius elaborats i el BAU amb l'escenari dels 2 °C per als països de la Mediterrània. Aquest escenari dels 2 °C ha estat elaborat pels codirectors d'aquest projecte [23]. A grans trets, es tracta d'una translació de l'escenari RCP2.6 de l'IPCC (*Intergovernmental Panel on Climate Change*) [9] feta aplicant criteris de justícia climàtica. Aquest escenari de futur, com ha estat comentat al capítol 3 d'aquest mateix document, estableix els valors de les emissions a nivell mundial necessàries per a no superar un increment de la temperatura mitjana del planeta de 2 °C al final de segle respecte als nivells preindustrials.

El Model de Justícia Climàtica referenciat assigna un total d'emissions a cada país partint de les emissions totals proporcionades per l'IPCC en el seu escenari. L'assignació d'emissions es fa suposant igual número d'emissions per càpita i considerant la responsabilitat històrica de cada estat en matèria d'emissions. Quan es comparen els diferents escenaris estudiats en aquest treball amb l'escenari dels 2 °C, el resultat és el següent:



**Figura 70.** Comparativa d'escenaris de futur alternatius, BAU i RCP2.6 de les emissions als països de la conca mediterrània.

Ja es pot observar a simple vista que les emissions suposades per l'escenari dels 2 °C queden molt lluny, especialment del BAU, però també de qualsevol escenari alternatiu proposat. L'escenari combinat 2 és el més proper i, tot i així, existeix una diferència d'emissions de 1300 Mt CO<sub>2</sub> entre ells.

Cal recordar que per a l'elaboració de cadascun dels escenaris alternatius s'han suposat objectius molt ambiciosos de complicat assoliment. I com es pot veure, tot i aquestes mesures tan dràstiques, la diferència amb l'escenari dels 2 °C és extremadament gran. Fins al moment, encara se segueix afirmant la possibilitat de poder complir l'establert per l'IPCC, però les dades recentment mostrades no semblen ser massa esperançadores.

Ara bé, cal remarcar també que no s'han contemplat escenaris de variació de la intensitat de carboni, els quals combinats amb els exposats en aquest projecte, ajudarien a la reducció d'emissions, tot i que no es pot assegurar que aquesta nova reducció fos suficient.

Aquesta comparació, i alguna d'addicional, es pot trobar al ANNEX VI/COMPARATIVA RCP2.6/COMPARATIVA.



## 8. Anàlisi de l'impacte ambiental

En aquest apartat s'analitza l'impacte sobre el medi ambient que hagi pogut causar l'elaboració del propi Treball Fi de Grau. Donades les característiques d'aquest projecte, l'impacte ambiental que se'n deriva és mínim, tot i que es poden considerar alguns factors com els exposats a continuació:

- Ús de paper: s'ha fet ús de folis de paper en les reunions de seguiment amb la directora i el co-director del treball amb l'objectiu de discutir els següents passos a fer. També s'han emprat folis com a esborranys de càlculs o gràfiques.
- Ús de l'ordinador portàtil: el treball s'ha elaborat majoritàriament en base a la informació cercada a Internet, a la consulta de documents en format PDF i a l'ús de dos programes informàtics com són Microsoft Excel i Microsoft Word. Totes aquestes aplicacions han estat executades des d'un ordinador portàtil propietat de l'autor del present document. Donada la potència elèctrica de l'esmentat equip informàtic (65 W) i les hores dedicades a l'elaboració del TFG (632, veure l'apartat del pressupost), es pot deduir una energia consumida de 41,08 kWh. Seguint el publicat per l'Oficina Catalana del Canvi Climàtic (OCCC) per a l'any 2017 [24], les emissions de CO<sub>2</sub> per unitat d'energia elèctrica són de 308 g CO<sub>2</sub>/kWh. Això suposa unes emissions de 12,65 kg CO<sub>2</sub>.
- Ús del transport públic: els desplaçaments físics de l'autor del treball a la universitat per a l'assistència a les reunions de seguiment s'han efectuat en transport públic (concretament emprant Rodalies Renfe i Metro). L'ús d'aquest tipus de transport implica unes emissions mínimes.



## Conclusions

Les conclusions extretes a mesura que s'avançava en el desenvolupament d'aquest Treball Fi de Grau (TFG) han estat exposades en cada capítol. Tot i així, aquest últim punt pretén fer un recull de les més significatives i exposar una conclusió final.

En primer lloc cal destacar que l'anàlisi general de les emissions de CO<sub>2</sub> als països de la conca mediterrània queda lleugerament desvirtuat per l'absència d'alguns països importants (especialment Síria i Líbia). La manca de dades de Síria i Líbia provoca que l'estudi de l'agrupació d'estats en desenvolupament sigui incomplet. De tota manera, les evolucions de cada factor conductor i de les emissions s'ha demostrat que segueixen tendències similars dins de cada bloc de països, pel que es pot tenir una idea de quina podria ésser la situació d'aquests casos que han quedat fora de l'abast del projecte.

Observant l'anàlisi històric d'emissions es veu un augment generalitzat d'emissions en tots els països, independentment del seu grau de desenvolupament, des de l'any 1990 (origen temporal de les dades utilitzades). Tot i així, la diferència entre el nivell d'emissions dels blocs de països és considerable (les dels desenvolupats són de l'ordre del triple que les dels en desenvolupament). Aquest augment d'emissions, seguint la Identitat de Kaya com a base d'aquest projecte, ve donat per un balanç positiu en l'evolució del conjunt dels quatre factors conductors. En el cas de l'agregat de països desenvolupats, la intensitat de carboni es manté gairebé constant, la intensitat energètica experimenta una baixada i PIB per càpita i població van en augment. Per al cas dels països considerats en desenvolupament, les tendències són similars, a excepció de la intensitat energètica, que en lloc de reduir-se, es manté constant en un cert nivell. Però la conclusió principal s'extreu del conjunt de països de la conca mediterrània, que segueixen característiques sempre més semblants al conjunt de països desenvolupats, el que demostra que aquest agregat d'estats té més influència sobre el total de països que no pas l'altre, degut als diferents nivells d'emissions d'uns i altres.

Respecte a les emissions de diòxid de carboni, tot i l'augment generalitzat comentat, en el cas dels desenvolupats s'aprecia una aturada en aquest augment i una posterior baixada, degut a la crisi financera a nivell mundial iniciada al 2008. Aquesta circumstància és clarament visible a Grècia o a Espanya. Per contra, els estats en desenvolupament no noten quasi aquest fenomen. Aquesta situació es veu reflectida també en el total de països al voltant del Mediterrani.

També existeixen altres efectes puntuals segons la situació particular de cada país. Són un exemple els països que formaven part de l'antic estat de Iugoslàvia amb influència de la URSS, com Croàcia o Bòsnia i Hercegovina. Durant els primers anys de l'històric es veuen característiques amb constants augments i reduccions d'emissions sense aparentment massa sentit. Això es deu segurament a la

poca fiabilitat de les dades proporcionades per aquells països en aquells moments d'incertesa política i econòmica arrel del desmembrament de l'esmentada Iugoslàvia.

Dins dels casos generals explicats, existeix un estat amb tendències més afins als països en desenvolupament, però que es troba inclòs a l'agregat desenvolupat: Turquia.

Si s'analitza l'evolució dels factors conductors pel seu significat teòric, hi ha una compensació entre fonts d'energia renovables i no renovables (estancament de la intensitat de carboni), existeix un gran desenvolupament tecnològic en l'obtenció d'energia per al cas dels desenvolupats i una constància en aquest àmbit per als que es troben en desenvolupament (baixada i estabilitat de la intensitat energètica, respectivament) i tots dos agregats presenten un bon desenvolupament econòmic (augment del PIB per càpita).

En l'anàlisi del període històric s'han presentat les corbes d'evolució temporal de tots els factors conductors i de les pròpies emissions, de manera que es poden extreure les conclusions pertinents. Aquestes corbes s'han elaborat tant per als agregats de països com per a cada país de la conca mediterrània per separat. Ara bé, s'han utilitzat també unes altres dues maneres de poder representar aquestes mateixes dades, però que ofereixen altres perspectives per al seu correcte anàlisi. Aquestes han estat la normalització de valors, que ha permès, partint d'un mateix punt, observar l'avança positiu o negatiu de cada factor permetent la comparació entre ells, i el càlcul de taxes de variació, de manera que es veïés el balanç de cada factor i el d'emissions en cada interval de l'històric.

En quant a la creació d'escenaris "*Business As Usual*" o BAU, s'han contemplat diferents mètodes per a construir-los, donada l'absència d'una metodologia de càlcul definida per a fer-ho. Finalment s'ha optat per calcular una taxa de variació mitjana interanual, de manera que es considerés l'evolució de tot el període històric a l'hora de confeccionar un escenari de futur.

Aquests escenaris de futur han estat creats tant per a cada factor conductor com per al conjunt d'emissions, i s'han aplicat a cada país estudiat, així com als agregats d'aquests. Tots ells han estat elaborats fins a l'any 2050.

Els factors conductors segueixen la tendència de l'històric, de manera que la intensitat de carboni es manté constant en tots els països, la intensitat energètica es redueix en els desenvolupats i s'estabilitza en els països en desenvolupament, i PIB per càpita i població van en augment en tots ells. Cal destacar, però, que donat que l'escenari futur de la població s'ha construït en funció de les previsions fetes per UN-DESA, en el cas dels desenvolupats aquesta experimenta un frenada en el seu creixement a mesura que s'apropa al 2050.

Pel que fa al BAU d'emissions, els països desenvolupats creixen de forma relativament moderada fins a les 1750 Mt CO<sub>2</sub> a l'any 2050 (partint de 1330 Mt CO<sub>2</sub> al 2014), mentre que els països en desenvolupament experimenten una pujada molt més radical, passant de les 470 Mt CO<sub>2</sub> al 2014 fins a les 1420 al 2050. Això es veu repercutit en el conjunt de tots els països de la conca mediterrània, arribant a unes emissions pel 2050 d'aproximadament 3200 Mt CO<sub>2</sub>. De nou, observant cada factor conductor, es corrobora que els països desenvolupats són més decisius sobre l'evolució del total de països.

En la comparació entre països, finalment, s'ha vist que Turquia, Egipte i Algèria són els estats que més augmenten les seves emissions i que, en l'escenari BAU, tindrien un nivell d'aquestes més elevat al 2050.

A partir del resultat obtingut de la confecció dels escenaris BAU, s'han plantejat diferents escenaris alternatius orientats a reduir les emissions en el mateix període de futur (del 2015 al 2050). En aquest anàlisi no s'ha inclòs la variació de la intensitat de carboni ni la de la població, pel que s'ha treballat amb variacions d'intensitat energètica i/o de PIB per càpita.

El primer escenari plantejat ha estat el de fer tendir les intensitats energètiques dels països amb major valor d'aquestes al 2050 (Algèria i Líban) cap al valor d'aquest mateix any d'un país desenvolupat (Itàlia). El resultat ha estat la reducció de les 3200 Mt CO<sub>2</sub> al 2050 al total de països del Mediterrani fins a les 2900.

El següent escenari ha contemplat la possibilitat de fer tendir també la intensitat energètica de l'agregat en desenvolupament cap al valor del 2050 d'aquest mateix factor de l'agregat desenvolupat. Aquest escenari de futur comportaria una baixada d'emissions totals fins a les 2800 Mt CO<sub>2</sub>.

El tercer escenari proposat ha consistit en fer tendir el PIB per càpita dels dos agregats de països (desenvolupats i en desenvolupament) cap al valor que tenia França d'aquest indicador a l'any 1990. Com que això implica que els desenvolupats disminueixin el seu PIB per càpita, però que els estats en desenvolupament l'augmentin, el nivell d'emissions en aquest cas decreixeria fins a les 3000 Mt CO<sub>2</sub>, per sobre dels casos anteriors.

En el quart escenari projectat s'ha volgut fer anar el PIB per càpita dels desenvolupats cap al valor d'aquest factor dels països en desenvolupament que, segons el BAU, aquests tindrien a l'any 2050. Això originaria unes emissions al 2050 de 2200 Mt CO<sub>2</sub>, el que el situa com l'escenari que major mitigació produeix.

Per últim, s'han plantejat escenaris combinats de variació d'intensitat energètica i PIB per càpita simultàniament, de manera que en un d'ells s'arriben a aconseguir unes emissions de 1900 Mt CO<sub>2</sub> al 2050.

Cal destacar, però, que tots els escenaris de futur alternatius elaborats apliquen mesures molt dràstiques, difícilment implementables. Tot i així, els nivells d'emissions aconseguits per al 2050 queden molt lluny dels requerits per l'escenari dels 2 °C. Això demostraria que a dia d'avui, és molt improbable que s'arribi a complir aquest escenari i que, per tant, la temperatura mitjana del planeta s'incrementi en més de 2 °C. Aquest escenari fixa les emissions al 2050 en el total de països de la conca mediterrània (considerant els mateixos països que en el present projecte) en 530 Mt CO<sub>2</sub>. D'altra banda, l'escenari alternatiu més ambiciós de tots els que s'han traçat, situa les emissions al 2050 en 1900 Mt CO<sub>2</sub>.

De la mateixa manera, val a dir que la no inclusió d'escenaris que actuïn sobre la intensitat de carboni fa que no s'assoleixin reduccions d'emissions majors, que es podrien aconseguir si aquests es combinessin amb altres escenaris de futur elaborats.

Donada la conclusió final d'aquest treball, és extremadament preocupant la situació futura del planeta, més enllà de la conca mediterrània. Qualsevol intenció de millora en termes d'emissions i, en conseqüència, d'escalfament global, requereix de la participació activa de tots els països del món, especialment d'aquells amb major índex d'emissions, i la retirada recent de l'Acord de París per part dels Estats Units empitjora encara més la perspectiva de futur. Això hauria d'encoratjar la resta de països, especialment els desenvolupats, a liderar un front comú contra el canvi climàtic, apostant per mesures ambicioses, però que trobin l'equilibri entre continuar amb el desenvolupament econòmic, millorar la tecnologia emprada en l'obtenció d'energia i fer el salt definitiu cap als recursos energètics d'origen renovable.

## Pressupost

En aquest capítol s'exposa el pressupost econòmic per a l'elaboració d'aquest projecte. En primer lloc, es calculen les hores dedicades a la realització del treball. Cal destacar que aquest projecte s'ha desenvolupat en dos períodes de temps degut a la pausa de l'autor en la seva confecció per a dedicar-se a seguir assignatures d'un altre grau universitari cursat de forma simultània al grau en el que es troba emmarcat aquest estudi.

Comptabilització d'hores dedicades	
Inici primer període elaboració TFG	9 de gener de 2017
Fi primer període elaboració TFG	26 de maig de 2017
Inici segon període elaboració TFG	2 de gener de 2018
Fi segon període elaboració TFG	13 d'abril de 2018
Dies totals	240
Dies festius	22
Dies no treballats	60
Dies treballats	158
Mitjana hores diàries	4
<b>Total hores</b>	<b>632</b>

**Taula 6.** Comptabilització d'hores dedicades a l'elaboració del TFG.

I en segon terme es valoren la resta de partides que han contribuït a augmentar econòmicament la despesa per a la realització del projecte (on també s'inclouen les hores de treball calculades a la taula anterior). Val a dir que el preu de les hores d'enginyeria s'extreu de l'ITEC (Institut de Tecnologia de la Construcció de Catalunya) [25], que el fixa en 38,77 €/hora per al 2018, que aplicant un descompte d'un 30 % per la manca d'experiència laboral, queda en 27,14 €/hora.

Desglossament del pressupost			
Concepte	Unitats	Preu unitat (€)	Preu total (€)
Hores d'enginyeria	632	27,14 [25]	17152,48
Ordinador portàtil HP	1	760	760
Targeta T-Jove TMB 1 Zona	2	105	210

Base imposable		18122,48
21 % IVA		3805,72
<b>TOTAL</b>		<b>21928,20</b>

**Taula 7.** Desglossament del pressupost del TFG.



## Bibliografia

- [1] O. Alacaraz & J. Xercavins. *Ciència de l'escalfament global i del CC (part 1)*. 2016. Barcelona.
- [2] IPCC. Climate Change 2013 - The Physical Science Basis. A: *Observations: Atmosphere and Surface* [en línia]. 2014. [Consulta: 4 gener 2018]. Disponible a < [http://www.ipcc.ch/pdf/assessment-report/ar5/wg1/WG1AR5\\_Chapter02\\_FINAL.pdf](http://www.ipcc.ch/pdf/assessment-report/ar5/wg1/WG1AR5_Chapter02_FINAL.pdf)>.
- [3] IPCC. Climate Change 2007 - The Physical Science Basis. A: *Changes in Atmospheric Constituents and in Radiative Forcing* [en línia]. 2007. [Consulta: 4 gener 2018]. Disponible a < <http://www.ipcc.ch/pdf/assessment-report/ar4/wg1/ar4-wg1-chapter2.pdf>>.
- [4] Energía y Sociedad. *Manual de la Energía. 3.1. El cambio climático y los acuerdos internacionales* [en línia]. [Consulta: 5 gener 2018]. Disponible a: < <http://www.energiaysociedad.es/manenergia/3-1-el-cambio-climatico-y-los-acuerdos-internacionales/>>.
- [5] UNFCCC. Paris Agreement. A: *21st Conference of the Parties* [en línia]. 2015. [Consulta: 5 gener 2018]. Disponible a: < [http://unfccc.int/files/essential\\_background/convention/application/pdf/english\\_paris\\_agreement.pdf](http://unfccc.int/files/essential_background/convention/application/pdf/english_paris_agreement.pdf)>.
- [6] URBACT. *COP21 Logo* [en línia]. 2015. [Consulta: 5 gener 2018]. Disponible a: < <http://urbact.eu/files/cop21-logo>>.
- [7] UNFCCC. Aggregate effect of the intended determined contributions: an update. A: *22nd Conference of the Parties* [en línia]. 2016. [Consulta: 5 gener 2018]. Disponible a: < <http://unfccc.int/resource/docs/2016/cop22/eng/02.pdf>>.
- [8] Y. Kaya. *Environment, Energy, and Economy: strategies for sustainability* [en línia]. 1990. ISBN 9280809113 [Consulta: 8 gener 2018]. Disponible a: < <http://archive.unu.edu/unupress/unupbooks/uu17ee/uu17ee00.htm#Contents>>.

- [9] IPCC. Climate Change 2013 - The Physical Science Basis. A: *Climate Change 2014: Synthesis Report* [en línia]. 2014. [Consulta: 4 gener 2018]. Disponible a <[http://www.ipcc.ch/pdf/assessment-report/ar5/syr/AR5\\_SYR\\_FINAL\\_SPM.pdf](http://www.ipcc.ch/pdf/assessment-report/ar5/syr/AR5_SYR_FINAL_SPM.pdf)>.
- [10] Wikipedia. *Anexo: Países por superficie* [en línia]. [Consulta: 11 gener 2018]. Disponible a <[https://es.wikipedia.org/wiki/Anexo:Pa%C3%ADses\\_por\\_superficie](https://es.wikipedia.org/wiki/Anexo:Pa%C3%ADses_por_superficie)>.
- [11] United Nations, Department of Economic and Social Affairs. *World Population Prospects: The 2015 Revision, DVD Edition* [en línia]. [Consulta: 9 febrer 2017]. Disponible a: <<https://esa.un.org/unpd/wpp/Download/Standard/Population/>>.
- [12] DIDACTALIA. *Mapa de países del Mediterráneo* [en línia]. [Consulta: 11 gener 2018]. Disponible a: <<https://mapasinteractivos.didactalia.net/ca/comunitat/mapasflashinteractivos/recurs/mapa-de-paises-del-mediterraneo-freemap/0aaa19da-7813-454e-b238-dffb71d494>>.
- [13] Wikipedia. *Montenegro* [en línia]. [Consulta: 12 gener 2018]. Disponible a: <<https://es.wikipedia.org/wiki/Montenegro>>.
- [14] Wikipedia. *Yugoslavia* [en línia]. [Consulta: 12 gener 2018]. Disponible a: <<https://es.wikipedia.org/wiki/Yugoslavia>>.
- [15] Wikipedia. *Estat de Palestina*. [en línia]. [Consulta: 12 gener 2018]. Disponible a: <[https://ca.wikipedia.org/wiki/Estat\\_de\\_Palestina](https://ca.wikipedia.org/wiki/Estat_de_Palestina)>.
- [16] Wikipedia. *Primavera Àrab* [en línia]. [Consulta: 12 gener 2018]. Disponible a: <[https://ca.wikipedia.org/wiki/Primavera\\_%C3%80rab](https://ca.wikipedia.org/wiki/Primavera_%C3%80rab)>.
- [17] OCDE. *Members and partners* [en línia]. [Consulta: 15 gener 2018]. Disponible a: <<http://www.oecd.org/about/membersandpartners/>>.
- [18] G. Argilés. Treball Fi de Grau. *Escenaris de futur de les emissions mundials en base a l'anàlisi dels factors conductors d'aquestes*. 2017. Barcelona.
- [19] IEA. *CO2 Emissions From Fuel Combustion Highlights 2016* [en línia]: *CO<sub>2</sub> Highlights 2016 – Excel Tables*. [Consulta: 6 febrer 2017]. Disponible a:

<<http://www.iea.org/publications/freepublications/publication/co2-emissions-from-fuel-combustion-highlights-2017.html>>.

- [20] WB. Data Catalog: *World Development Indicators* [en línia]. [Consulta: 9 febrer 2017]. Disponible a: <<https://datacatalog.worldbank.org/dataset/world-development-indicators>>.
- [21] Wikipedia. *Unión Soviética* [en línia]. [Consulta: 20 gener 2018]. Disponible a: <[https://es.wikipedia.org/wiki/Uni%C3%B3n\\_Sovi%C3%A9tica](https://es.wikipedia.org/wiki/Uni%C3%B3n_Sovi%C3%A9tica)>.
- [22] Wikipedia. *Crisis financiera de 2008* [en línia]. [Consulta: 20 gener 2018]. Disponible a: <[https://es.wikipedia.org/wiki/Crisis\\_financiera\\_de\\_2008](https://es.wikipedia.org/wiki/Crisis_financiera_de_2008)>.
- [23] O. Alcaraz, J. Antequera, P. Buenestado, B. Escribano, A. Turon & J. Xercavins. *Quantified proposal –based on criteria of climate change justice per capita- of the distribution among the UNFCCC state parties of the emissions mitigation global objective defined by scenario RCP2.6 of the IPCC’s AR5*. 2015. Barcelona.
- [24] OCCC. *Guia pràctica per al càlcul d'emissions de gasos amb efecte d'hivernacle (GEH)* [en línia]. [Consulta: 26 febrer 2018]. Disponible a: <[http://canviclimatic.gencat.cat/web/.content/home/reduex\\_emissions/Com\\_calcular\\_emissions\\_GEH/guia\\_de\\_calcul\\_demissions\\_de\\_co2/170301\\_Guia-practica-calcul-emissions-2016-v2017.pdf](http://canviclimatic.gencat.cat/web/.content/home/reduex_emissions/Com_calcular_emissions_GEH/guia_de_calcul_demissions_de_co2/170301_Guia-practica-calcul-emissions-2016-v2017.pdf)>.
- [25] ITEC-BEDEC. *Banc Bedec* [en línia]. [Consulta: 26 febrer 2018]. Disponible a: <[https://itec.cat/banc-preus-bedec/ma-dobra/tecnic-ea010\\_10/](https://itec.cat/banc-preus-bedec/ma-dobra/tecnic-ea010_10/)>.



## **Annexos**

Tots els annexos es troben en format electrònic inclosos al CD adjunt del present Treball Fi de Grau (TFG).

### **ANNEX I**

Aquest inclou els arxius de dades descarregades de les diferents fonts que s'utilitzen com a punt de partida dels càlculs:

- Dades descarregades d'emissions i energia primària (Emissions CO<sub>2</sub>\_Energia\_IEA\_6 febrer 2017).
- Dades descarregades de PIB PPP (PIB PPP\_WB\_9 febrer 2017).
- Dades descarregades de població (Població\_UN-DESA\_9 febrer 2017).

### **ANNEX II**

Aquest conté les dades del ANNEX I seleccionades i ordenades per als territoris d'interès, el càlcul dels factors conductors i la representació de les taxes de variació:

- Arxiu base de referència per a l'estudi (EXCEL REFERENCIA TFG).

### **ANNEX III**

Aquest consta de l'estudi històric dels països de la conca mediterrània per separat, així com del seu escenari BAU:

- Anàlisi de dades històriques i construcció de l'escenari BAU d'Albània (Albania).
- Anàlisi de dades històriques i construcció de l'escenari BAU d'Algèria (Algeria).
- Anàlisi de dades històriques i construcció de l'escenari BAU de Bòsnia i Hercegovina (Bosnia).
- Anàlisi de dades històriques i construcció de l'escenari BAU de Croàcia (Croatia).
- Anàlisi de dades històriques i construcció de l'escenari BAU de Xipre (Cyprus).
- Anàlisi de dades històriques i construcció de l'escenari BAU d'Egipte (Egypt).
- Anàlisi de dades històriques i construcció de l'escenari BAU de França (France).
- Anàlisi de dades històriques i construcció de l'escenari BAU de Grècia (Greece).
- Anàlisi de dades històriques i construcció de l'escenari BAU d'Israel (Israel).

- Anàlisi de dades històriques i construcció de l'escenari BAU d'Itàlia (Italy).
- Anàlisi de dades històriques i construcció de l'escenari BAU de Jordània (Jordan).
- Anàlisi de dades històriques i construcció de l'escenari BAU del Líban (Lebanon).
- Anàlisi de dades històriques i construcció de l'escenari BAU de Malta (Malta).
- Anàlisi de dades històriques i construcció de l'escenari BAU del Marroc (Morocco).
- Anàlisi de dades històriques i construcció de l'escenari BAU de Portugal (Portugal).
- Anàlisi de dades històriques i construcció de l'escenari BAU d'Eslovènia (Slovenia).
- Anàlisi de dades històriques i construcció de l'escenari BAU d'Espanya (Spain).
- Anàlisi de dades històriques i construcció de l'escenari BAU de Tunísia (Tunisia).
- Anàlisi de dades històriques i construcció de l'escenari BAU de Turquia (Turkey).

## ANNEX IV

Aquest està format per la mateixa informació que la del ANNEX III, però aplicada als agregats de països:

- Anàlisi de dades històriques i construcció de l'escenari BAU dels agregats de països (AGREGATS HISTORIC + BAU).

## ANNEX V

Aquest inclou les comparatives d'escenaris BAU entre països i agregats d'aquests, i la construcció d'escenaris d'emissions alternatius:

- Comparació d'escenaris BAU i construcció d'escenaris alternatius (COMPARATIVES + ESC ALTERNATIUS).

## ANNEX VI

Aquest conté la comparació dels escenaris alternatius d'emissions amb l'escenari RCP2.6 confeccionat per l'IPCC:

- Comparació d'escenaris alternatius amb l'escenari RCP2.6 (COMPARATIVA RCP2.6).